مقدمة:

ظهر النظام الخلوي للهواتف المتنقلة نتيجة التطور الكبير الذي تشهده أنظمة الاتصالات اللاسلكية (Wireless Communication System) وخاصة على صعيد الاتصالات المتنقلة (Mobile Communication) والزيادة الهائلة في عدد الاستخدامات لهذا النوع من الاتصالات. إن أنظمة الاتصالات المتنقلة تسمى بأنظمة الاتصالات الخلوية وقد جاءت هذه التسمية من كلمة خلية.إن المفهوم الرئيسي لعمل الأنظمة الخلوية هو تقسيم المنطقة الكبيرة بطريقة مدروسة إلى خلايا (Cells)تمتلك كل خلية محطة قاعدة ثابتة واحدة (BS) Base station [1] .

قمنا في هذا البحث بدراسة إمكانية استخدام نظام اتصالات خلوية يدعى GSM-RAIL مستقل و فريد يخدم كافة أنواع الاتصالات الضرورية لمؤسسات الخطوط الحديدية إضافة إلى إدارة نظام حركة القطارات و ذلك بعد تطويره بما يلائم المتطلبات ذات الخصوصية العالية و المتنامية للخطوط الحديدية السورية.

تعتبر شبكة الخطوط الحديدية السورية من أهم وسائل النقل البرية و ذلك لإمكانية ربطها بالخطوط الحديدية العالمية الممتدة من أوروبا عبر تركيا و سورية و الأردن إلى السعودية نظرا لأهمية الموقع الجغرافي لسورية كنقطة محورية في منطقة الشرق الأوسط حيث تعتبر نقطة التلاقي و ممر مهم للخطوط الحديدية العالمية المارة من خلالها.

بسبب التطور الهائل لحركة خطوط السكك الحديدية ،وبما أن القطار مرتبط بخط حديدي ذو مسار ثابت فهو يحقق الوثوقية العالية و الأمان في نقل البضائع و الأفراد إضافة إلى الكلفة المادية المنخفضة نوعا ما مقارنة بنظم النقل الأخرى، أدت كل العوامل السابقة إلى زيادة الاهتمام بنظام نقل السكك الحديدية و دراسة إمكانيات الرفع كافة من كفاءة النظام.

و للرفع من إمكانيات نظام السكك الحديدية السورية كان لا بد من التركيز على النقاط التالية:

١-زيادة سرعة القطارات (Maximum Speed)، حيث إن السرعة الحالية للقطارات لا تتجاوز ١٦٠ كم\سا.

٢-تطوير نظام الاتصالات المستخدم و ذلك لكي يناسب سرعات القطارات العالية، حيث إن النظام الحالي يعتمد على نظام راديوي ضمن مجال UHF في حزمة معينة من الترددات و الذي أثبت محدودية في الإمكانات حيث يمكن اعتباره:

- نظام رديف و لا يدعم أمان سير القطارات.
- لا يؤمن اتصال الموجه-(وهو الشخص المسؤول عن حركة القطارات على كافة محاور الشبكة)- مع المحطات على كافة محاور الشبكة.

- لا يؤمن نقل المعطيات اللازمة لأمان سير الخطوط الحديدية حيث يمكن الاعتماد عليه فقط في نقل الصوت.
- وجود نظامين من شركتين مختلفتين يسبب بعض المشاكل في توافق الترددات مما يدفع بعض السائقين لاختيار الاتصال عبر القناة السادسة ذات المدى القصير و التي تعتبر مخصصة لأعمال المناورة ضمن المحطة فقط -(و هي العملية التي يتم عن طريقها نقل القطارات بين الخطوط الحديدية ضمن المحطة)-.
- كما أنه غير مناسب كبنية تحتية لبناء إمكانية التحكم الآلي بالقطارات ATC(Automatic Train Control).

٣-توفير إمكانية تحديد المواقع الجغرافية للقطارات GPS (Geographic Positioning System) و ذلك لأهمية معرفة مكان القطار بالضبط و اتجاهه و ذلك في حالة شغل السكة الواحدة بعدة قطارات في الوقت نفسه بمسافات غير متباعدة فيما بينها حيث يفيد هذا النظام في تجنب حدوث حوادث الصدم فيما بين القطارات.

٤-دعم إمكانية التجوال الدولي داخل و خارج القطر مع متابعة حركة القطارات سواء نقل الركاب أو قطارات الشحن لأهميتها الكبيرة و ذلك لتوفير الاتصال الملائم للقطارات الأجنبية التي قد تعبر شبكة الخطوط الحديدية السورية حيث يتطلب ذلك ربط نظام اتصالات السكك الحديدية بنظام الاتصالات الحالي و ذلك لتسهيل عملية عبور قطارات النقل الأجنبية من خلال الخطوط الحديدية السورية من أوروبا إلى الأردن و السعودية أو بالعكس و حتى إمكانية عبور قطاراتنا المحلية من خلال تركيا إلى أوروبا أو من خلال الأردن إلى السعودية.

إن متابعة الاتصالات مع القطار عند عبوره للحدود تعتبر مشكلة وليدة تطوير الخطوط الحديدية لحركة قطاراتها و إنشاء خطوط حديدية دولية تصل ما بين البلدان المتجاورة و حتى ما بين أنحاء العالم المتصلة برياً حيث توسع عمل الخطوط الحديدية و أضحت صرحاً هاماً من صروح النقل البري للمسافرين و التركيز الأكبر على قطارات شحن البضائع.

إن المشكلة الأهم هي متابعة حركة الاتصالات مع القطار فور عبوره الحدود و مروره على سكة أجنبية (غير سورية) حيث يصعب تحقيق ذلك باستخدام أنظمة الاتصالات المستخدمة حاليا حتى مع وجود ميزة التجوال الدولية للاتصالات الخلوية لأن مناطق التغطية تتقطع و لا يمكن ضمان تغطية خلوية ملائمة على طول خط السكة الحديدية الأجنبية أو المحلية على حد سواء كما أن ذلك يتطلب حمل معدات خاصة للاتصال عبر مشغل الاتصالات الأجنبي المتواجد في كل بلد يزوره القطار مما يشكل عبئاً في شراء و تشغيل التجهيزات المختلفة و الخاصة بكل بلد أجنبي.

كل تلك العوامل تدفع بنا إلى تطوير نظام الاتصالات للخطوط الحديدية السورية الحالي بحيث يصبح:

GSM-R

(Global System for Mobile Communication-for Railway Applications) ، تطبيق نظام اتصالات خلوية خاص بالسكك الحديدية، إن هذه الدراسة لا تتحدث عن اسـتخدام ميزات GSM من خلال الاستفادة من ميزات و تجهيزات شركات الاتصالات الخلوية الخاصة المتوفرة حاليا بل التوجه إلى بناء بنية تحتية للاتصالات مستقلة و خاصة بـالخطوط الحديديـة السورية و الأهم من ذلك أن تكون هذه البنية التحتية متوافقة و قابلة للربط مع نظم اتـصالات الخطوط الحديدية العالمية.

1-الفصل الأول:الاتصالات في الخطوط الحديدية السورية

تعتبر الاتصالات عنصر أساسي و عامل هام في الخطوط الحديدية لما لها من تأثير كبير على أمان سير القطارات و تقسم إلى قسمين رئيسيين :

- الاتصالات الإدارية واتصالات الخدمات.
- اتصالات أمان سير القطارات .

الاتصالات الإدارية: هي اتصالات غير مباشرة.

اتصالات أمان سير القطارات: هي اتصالات مباشرة و فورية و تتم بين مركز وآخر دون انتظار حيث يمكن للمشترك الاتصال مع مشترك آخر و ذلك بوجود إشارة أو مصباح دلالة مخصص لكل مشترك ضمن جهاز **ROTS**.

١-١-الاتصالات الإدارية و اتصالات الخدمات:

تؤمن هذه الاتصالات مقاسم آلية مركبة في المحطات الرئيسية حلب- حماه – حمص – مهين – دمشق-طرطوس–الشرقية.

و هي مقاسم ألمانية الصنع يمكن بواسطتها وصل عدد من المشتركين حسب سعة المقسم.

و قد تم ربط هذه المقاسم ببعضها عن طريق كابلات أرضية وفي حال المسافات الكبيرة بين المحطات هناك إمكانية الاتصال بين هذه المقاسم باستخدام جهاز repeater يؤمن وصول الإشارة لمسافات بعيدة.

١-٢- اتصالات أمان السير:

- اتصالات الطوارئ.
- اتصالات أمان السير.
- اتصالات هاتفية لأغراض التشغيل.
- اتصالات بين مأمور الحركة و الدوائر الإدارية في المحطة .
- اتصالات بين مأموري الحركة في المحطتين المتجاورتين و سائقي القاطرات و الموجه المركزي .
- اتصالات بين مأمور الحركة و الكادر الفني في المحطة و على الخط الجاري .
- اتصالات الإدارة في المحطات الكبيرة مع بعضها و مع الإدارة العليا .
- نقل البيانات.
- تسجيل المحادثات.

١-٣- نظام موجه حركة القطارات:

هذا النظام هو قيادة مركزية لحركة القطارات و الموجه هو الذي ينظم حركة القطارات و يحدد أمكنة تلاقيها و يتلقى المعلومات كافة عن حركة القطارات على قسمه من مأموري الحركة الموجودين في المحطات و يقسم التوجيه في الخطوط الحديدية السورية إلى أربعة أقسام :

القسم الأول :هو القسم المسؤول عن حركة القطارات على محور حلب – اللاذقية ، حلب – ميدان إكبس

القسم الثاني: خاص بمحور حلب – دير الزور – القامشلي

القسم الثالث: وضيحي – حمص- طرطوس

القسم الرابع :حمص – دمشق

و تجهيزات القسمين الأول و الثاني هي تجهيزات روسية و يتم اتصال الموجه مع محطات القسم العائد له باستخدام هذه الأجهزة عبر شبكة هوائية حيث يخصص لكل محطة كود معين يوافق تردد خاص بهذه المحطة يتم تشغيله من قبل الموجه بضغط زر خاص لكل محطة

أما تجهيزات القسمين الثالث و الرابع فهي تجهيزات ألمانية و يتم الوصل بينها عبر كابلات أرضية.

١-٤-نظام الاتصال بين المحطات:ROTS:

يؤمن هذا النظام الاتصال بين محطتين متجاورتين حيث يمكن لمأمور الحركة في محطة ما الاتصال مع كل من المحطتين المتجاورتين باتصال مباشر عبر دارة مخصصة لهذا الاتصال.

١-٥-وسائل الاتصالات المتوفرة على جميع محاور شبكة الخطوط الحديدية السورية

توجد عدة أنظمة اتصالات مختلفة على محاور شبكة الخطوط الحديدية السورية منها سلكية (أرضية أو هوائية) وأنظمة اتصالات لاسلكية إضافة إلى خطوط مدنية وخلوية موزعة على المحاور كما يلي :

١-٥-١-محور حلب – حمص – دمشق :

- تتوفر اتصالات الموجه مع المحطات عن طريق الكبل الألماني
- الاتصالات بين المحطات المتجاورة عن طريق الكبل الألماني
- اتصالات الممرات السطحية المحروسة مع المحطتين المتجاورتين

- اتصالات عمال الأجواق مع المحطتين المتجاورتين عن طريق النظام اللاسلكي.
- اتصالات لاسلكية بين كل محطتين متجاورتين وبين القطار و المحطة الأقرب على الخط الجاري
- خطوط مدنية في أغلب المحطات مع أجهزة فاكس عدا محطات : الحمدانية - الحميدي (ثلاثي من مقسم حلب) – قمحانة (ثلاثي من مقسم حماه)

١-٥-٢-محور طرطوس – اللاذقية :

- خطوط مدنية مع أجهزة فاكس في المحطات كافةً.
- اتصالات لاسلكية بين كل محطتين متجاورتين وبين القطار و المحطة الأقرب على الخط الجاري.
- اتصالات عمال الأجواق عن طريق أجهزة لاسلكية محمولة باليد.

١-٥-٣-محور حلب – اللاذقية :

- اتصالات بين المحطات المتجاورة عن طريق الكبل الأرضي .
- اتصالات الممرات السطحية المحروسة مع المحطتين المتجاورتين عن طريق الكبل الأرضي.
- اتصالات عمال الأجواق(الجوق:مجموعة من العمال الذين يقومون بأعمال الصيانة على الخط الجاري) مع المحطتين المتجاورتين عن طريق علب الاتصال على الخط الجاري .
- اتصالات لاسلكية بين كل محطتين متجاورتين وبين القطار و المحطة الأقرب على الخط الجاري.
- خطوط مدنية في جميع المحطات مع أجهزة فاكس .

١-٥-٤-محور حلب – ميدان اكبس

- اتصالات محطية باستخدام شبكة هوائية (باستثناء حلب – المسلمية ، راجو – ميدان لحين الانتهاء من تمديد خطوط جديدة في ميدان اكبس بسبب التوسع).
- اتصالات لاسلكية بين كل محطتين متجاورتين وبين القطار و المحطة الأقرب على الخط الجاري.

- خطوط مدنية في كل المحطات مع أجهزة فاكس ماعدا محطة عفرين (جهاز خاوي).

١-٥-٥-محور حلب - القامشلي

- اتصالات لاسلكية بين كل محطتين متجاورتين وبين القطار و المحطة الأقرب على الخط الجاري .
- خطوط مدنية في أغلب المحطات مع أجهزة فاكس عدا محطات الحسان – أبو عاصي – كاباكا – رميلان – بير جويف – الجزيرة (جهاز خاوي).

١-٦-الأنظمة المرادفة التي تستعين بها المؤسسة العامة للخطوط الحديدية السورية:

١-٦-١-نظام الاتصال اللاسلكي:

يؤمن هذا النظام اتصال لاسلكي بين محطتين متجاورتين و بين القطار وإحدى المحطتين على الخط الجاري ، و تعمل الأجهزة اللاسلكية في هذا النظام ضمن المجال الترددي UHF (400-470 MHz).

و عند وجود عوائق طبيعية بين المحطات يتم وضع مكرر (مقوي إشارة) بين المحطتين في موقع يتم تأمين الاتصال بينه و بين كل من المحطتين.

١-٦-١-١-اتصالات لاسلكية لأعمال المناورة:

تستخدم أجهزة لاسلكية محمولة باليد لأعمال المناورة في المحطات الرئيسية و المتوسطة و يصل مدى هذه الأجهزة إلى ٣ كم.

١-٦-١-٢-الأجهزة اللاسلكية المستخدمة:

تم تركيب الأجهزة اللاسلكية الثابتة في جميع المحطات لتأمين الاتصال المباشر بين كل محطتين متجاورتين

يتم تركيب الأجهزة اللاسلكية في القاطرات لتأمين الاتصال بين القطار والمحطات على الخط الجاري وضمن المحطات .

تستخدم أجهزة لاسلكية محمولة لضرورات أعمال المناورة في المحطات ولعمال الأجواق الذين لا تتوفر لديهم وسيلة اتصال سلكية

١-٦-٢-الخطوط الخلوية :

تم توزيع الخطوط الخلوية على النحو التالي :

- في المحطات التي لا تتوافر فيها خطوط مدنية بسبب عدم توافر الإمكانية الفنية لدى مديرية الاتصالات
- لعمال الأجواق والذين لا تتوافر لديهم وسيلة اتصال سلكية أو يتعذر استخدام الأجهزة اللاسلكية المحمولة باليد في مناطق عملهم .
- في القاطرات غير المزودة بأجهزة لاسلكية .

١-٦-٣-الخطوط المدنية:

حسب الإمكانيات المتوفرة لدى مديرية الاتصالات

١-٧-الصعوبات التي تواجهها الاتصالات في الخطوط الحديدية السورية :

١-٧-١-نظام الاتصالات الروسي:

كان هناك نظام اتصالات من صنع الاتحاد السوفيتي و هو نظام قديم جداً تم تنسيقه في البلاد الصانع و لا تتوافر له قطع تبديلية ،إضافة إلى مساوئ الشبكة الهوائية لما تتعرض له من عوامل جوية و لما تتعرض له من تعديات المواطنين سواء بأعمال الحفر أو السرقة.

١-٧-٢-منظومة الاتصالات الألمانية تتكون من :

- كبل اتصالات ألماني نحاسي أرضي بطول /٦٥٠/ كم تقريباً مع كبلات اتصالات وإشارات فرعية داخل المحطات البالغ عددها (٣٣) محطة.
- مقاسم لتأمين دارات الاتصال الخاصة بأمان سير القطارات (توجيه مركزي – مباشر مع المحطتين المجاورين ومع الممرات السطحية + صيانة الخط – آلي داخلي).
- مقاسم آلية ألمانية قديمة في بعض المحطات (مهين – الشرقية) .
- دارة توجيه مركزية مقرها حمص لقيادة كافة المحطات على القسمين الثالث والرابع (مهين – الشرقية) (حمص - طرطوس).

بالنسبة إلى كبل الاتصال مضى على وضعه في الاستثمار أكثر من ٢٧ عام مما أدى إلى انخفاض عام في عازليته بسبب كثرة الإصلاحات والتعديات وحالات القطع التي تعرض لها مما أدى إلى ازدياد عدد الوصلات مما حجب النداء عن بعض المحطات البعيدة عن حمص.

بالنسبة المقاسم التي تؤمن الاتصال بين المحطات و الخاصة بأمان السير ،فهناك اهتراء عام في مشاجب التوصيل ناتج عن كثرة الإصلاحات المحلية مما أفقدها خصائصها و وثوقيتها الفنية وعدم توفر القطع الاحتياطية اللازمة في المخازن وهناك محطات توقفت فيها لوحة الاتصالات كلياً عن العمل مثل (دمشق – القدم – البحارية – الضمير – الوضيحي – المرفأ).

مما سبق نرى أن المؤسسة العامة للخطوط الحديدية السورية تكبدت أعباء مالية كبيرة مبينة في الجدول التالي حسب الإحصاءات و الدراسات الميدانية:

الشركة	شركة سيريتل	مديرية الاتصالات أجورحماية لاسلكية	مديرية الاتصالات خطوط مدنية	شركة MTN
المبلغ ل.س	**٢٠٨٧٠٢٢**	**٦٢٥٩٨٩٠**	٨١٥٥٠٠٧	٢٤٨٩٠٤

الجدول (٢-١) النفقات التي تدفعها المؤسسة لشركات الاتصالات

- وهذه القيم المذكورة في الجدول خلال عام ٢٠٠٩ ويتوقع أن تكون الزيادة بنسبة ٣%-٤% لعام ٢٠١٠

٢-الفصل الثاني الاتصالات الخلوية GSM:

إن أنظمة الاتصالات المتنقلة تسمى بأنظمة الاتصالات الخلوية حيث إن هذه التسمية جاءت من كلمة خلية. إن المفهوم الرئيسي لعمل الأنظمة الخلوية هو تقسيم المنطقة الكبيرة بطريقة مدروسة إلى خلايا (Cells) تمتلك كل خلية محطة قاعدة ثابتة واحدة (BS) Base station و(مرسل) ذو استطاعة محددة لكي يؤمن التغطية الراديوية لخليته.

لقد تم اختيار الشكل السداسي للخلية وفق أسس هندسية وحسابات رياضية دقيقة وذلك لأن الشكل السداسي يشكل مساحة قدرها 91% من مساحة الدائرة المارة برؤوسه[1].

٢-١-المفهوم الخلوي (Cellular Concept):

إن أنظمة الاتصالات الخلوية هي أنظمة اتصالات لاسلكية حديثة تؤمن اتصالات المستخدمين (المشتركين) مع بعضهم البعض من جهة ومع الشبكة الهاتفية الثابتة العامة (Public Switched Telephone Network) (PSTN) من جهة أخرى ضمن نطاق خدمة النظام الخلوي.

يخدم النظام الخلوي عدد كبير من المشتركين في نطاق جغرافي إقليمي كبير وبواسطة (مجال ترددي محدد) كما أن الأنظمة الخلوية تؤمن جودة اتصال عالية يمكن مقارنتها مع جودة الاتصال في الشبكات الهاتفية الأرضية الثابتة[1].

تم تأمين الاستيعاب الكبير للمشتركين بتخصيص قنوات ترددية محددة لكل محطة قاعدة (BS) مقتصرة على تخديم قطاع جغرافي معين يدعى خلية (Cell) ،بالنتيجة يمكن استخدام نفس القنوات الترددية التي استخدمت في عدة خلايا، في خلية جديدة أي (BS)جديدة تبعد مسافة معينة عن المحطة الأولى لكي تخدم قطاع جغرافي جديد ضمن النظام المصمم.

أي أن الفكرة هي إعادة استخدام التردد في أكثر من خلية ضمن القطاع –(وهو منطقة جغرافية تضم عدداً من الخلايا)- شريطة أن تبعد هذه الخلايا عن بعضها مسافة معينة تم تحديدها بالعلاقة (٢-١):

$$Q = D/R = (3N)^{1/2} \quad \text{...........}(2\text{-}1)$$

حيث إن :

Q: نسبة تكرار الاستخدام المشترك للقنوات.

R: نصف قطر الخلية.

D: المسافة بين مراكز أقرب خليتين مشتركتين بالقنوات.

N: عدد خلايا القطاع (حجم القطاع Cluster Size) ضمن النظام.

و نحسب استطاعة المحطات اللازمة للخدمة(P_t) من العلاقة(٢-٢):

$$P_t=P_r+157,7+38,4\log(r)-20\log(h_1)-10\log(h_2)-G_1-G_2 \ldots\ldots(2-2)$$

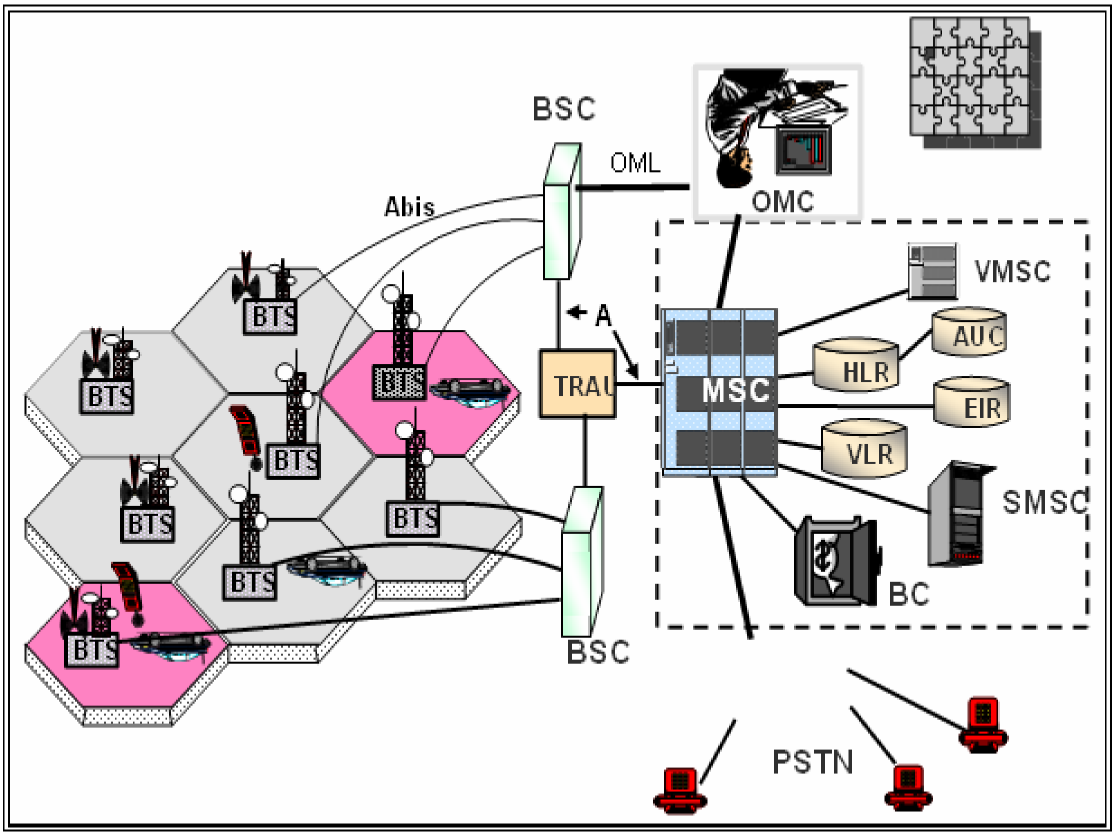
حيث إن h_1,h_2 ارتفاعات هوائيي المحطتين المتنقلة و الثابتة بالقدم

r المسافة بين المحطتين بالميل

G_1,G_2 ربح الهوائيات ب dBm

P_r الاستطاعة الدنيا التي يجب أن تصل إلى جهاز المشترك المتنقل

٢-٢-العناصر الأساسية لأنظمة الاتصالات الخلوية



الشكل (٢-١) البنية الأساسية لنظام GSM

٢-٢-١-المحطة المتحركة (MS):

عبارة عن المحطة الطرفية و تمثل التجهيزات و الأدوات المستخدمة من قبل المشترك للدخول إلى الشبكة الخلوية المتنقلة أو الشبكة الهاتفية الثابتة العامة(PSTN).ويتم التعرف على هذه المحطة بواسطة هوية المشترك (Sim – Card).

إن هوية المشترك (Sim-Card) هي عبارة عن شريحة الكترونية وهى مختصرة عن عبارة (Subscriber Identity Module – Card) وتحتوى هذه الشريحة على المعلومات التي تخص المشترك ورقمه الالكتروني الخاص بالشبكة الخلوية كما تحتوي أيضا على المعلومات الخاصة بالتعامل مع المشترك من الناحية التقنية: شكل(٢-٢).



الشكل(٢-٢) SIM- Card

كل SIM – Card يحتوي على النمط التالي:

XXX-XX-XXXXXXXXXX

MCC MNC IMSI

حيث إن :

MCC : Mobile Country Code (كود أو شفرة الدولة)

MNC: Mobile Network Code (كود أو شفرة الشبكة التي تم الاشتراك بها في بعض الأحيان يكون ٣ أرقام)

IMSI : International Mobile Subscriber Identity

(IMSI): وهو عبارة عن رقم خاص لكل بطاقة (شريحة) وهو ليس رقم الموبايل الذي يتم الاتصال بواسطته، وإنما هو رقم تعريف المحطة المتنقلة (الموبايل) ويتكون على الغالب من عشرة خانات.[1]

٢-٢-٢-النظام الفرعي للمحطة الأساسية (BSS):

إن النظام الفرعي للمحطة الأساسية (BSS) يتكون من المجموعة التالية:

أ- المحطة الأساسية Base Station (BS):

إن كل (BS) تخدم خلية واحدة.

المكونات الأساسية لمحطة القاعدة هي :

- قنوات راديوية.
- مرسل ومستقبل.
- هوائي و يتوضع على برج عالٍ.

ب- مراقب المحطات الفرعية Base Station Controller: (BSC) الشكل (٢-٣)

إن هذه المحطة هي التي تدير موارد الاتصالات الراديوية الخاصة بـ (BTS) واحدة أو عدة (BTSs) إن (BSC) يتعامل مع إعدادات القناة الراديوية[1] .



شكل (٢-٣) BSC

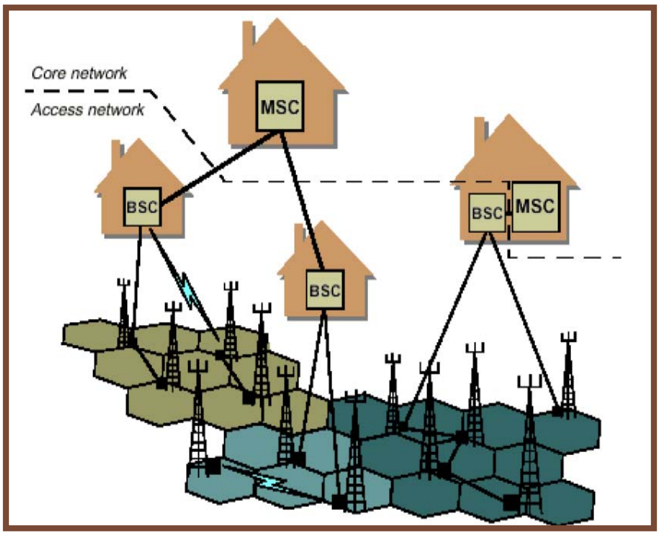
٢-٢-٣- النظام الفرعي للشبكة Network subsystem (NSS)

موضحة بالشكل(٢-٤)

يعتبر عقل الشبكة الخلوية حيث تتم بداخله معالجة الفواتير وخدمة توجيه الاتصال إلى الشبكات و إعدادات تحقيق الاتصال معها.....الخ. تتكون (NSS) من الأجزاء التالية:

- مركز التبديل والتحكم (تحويل مكالمات الموبايل) Mobile Switching Center (MSC)

يعتبر العنصر الأساسي في عمل الأنظمة الخاوية فهو يعمل على تنسيق عمل الشبكة الخلوية وله وظائف مشابهة إلى وظائف نظام التبديل في الشبكة الهاتفية الثابتة العامة (PSTN)، كما أن الـ(MSC) يقوم بربط اتصالات الـ (MS) مع الشبكة الثابتة (PSTN)ويوصل معه.



الشكل (٢-٤) محطة النظام الفرعي للشبكة (NSS) Network Station Subsystem

- سجل المقر الرئيسي المحلي أو ما يسمى بالموطن HLR Home Location Register
- سجل مقر الزائر (VLR) :Visitor Location Register
- مركز التوثيق أو الشرعية (AuC) :Authentication Center
- سجل تعريف الأجهزة (EIR) Equipment Identity Register، كما هو موضح بالشكل (٢-٥) يتكون من:

EIR	
White List	وهي القائمة الخاصة بالأجهزة المصرح لها باستخدام الشبكة
Black List	وهي القائمة الخاصة بالأجهزة غيرالمصرح لها باستخدام الشبكة
Gray List	وهي القائمة الخاصة بالأجهزة التي تكون عاطلة أو مشكوك فيها

الشكل (٢-٥) قوائم سجل تعريف الأجهزة

٢-٣- عمليات التسليم في الأنظمة الخاوية :

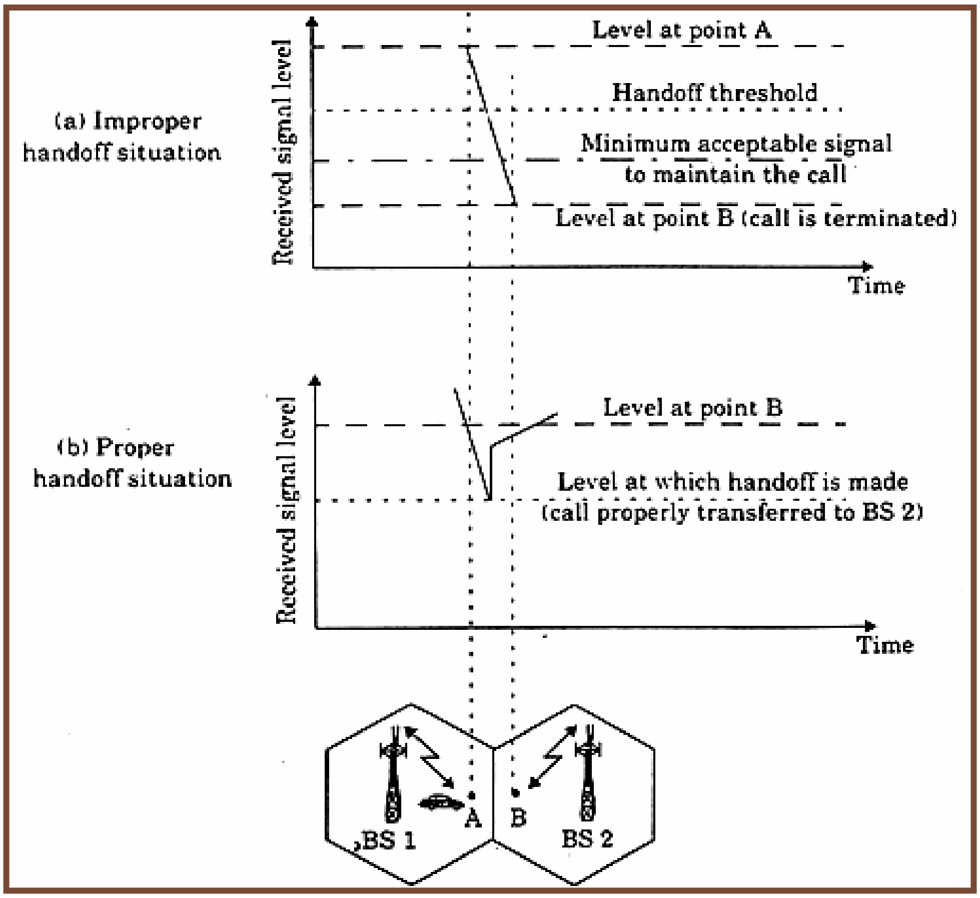
موضحة بالشكل (٢-٦)

إن عملية التسليم (Hand Off) في الأنظمة الخاوية من العمليات الرئيسية لنجاح النظام الخاوي، فهي ضرورية من أجل استمرار تواصل المشترك المتحرك مع الشبكة.

عملياً هناك مستوى محدد لبدء عملية التسليم (Hand Off)، تبدأ عملية التسليم عندما ينخفض مستوى الإشارة عن قيمة تسمى بالقيمة الحدية، وهناك مستوى أصغري يحقق أصغر قيمة للإشارة تكون عنده ذات جودة صوتية مقبولة،والفرق بين هذين المستويين هو(Δ) ويعطى بالعلاقة (٢-٣) التالية:

Δ=Pr Hand Off – Pr Minimum Usable………(2-2)

ويجب ألا يكون هذا الفرق(Δ) كبير جداً ولا صغير جداً. الشكل (٣-٧)



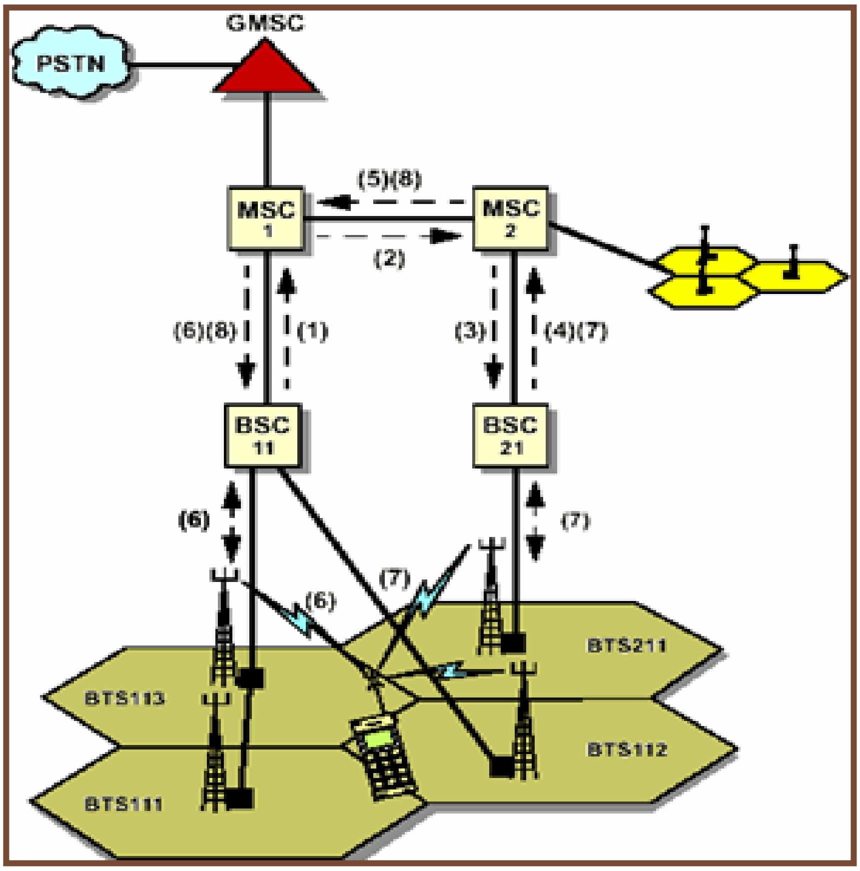
الشكل (٢-٦) عمليات التسليم المناسبة و غير المناسبة

نلاحظ في المخطط الأول أن مستوى الإشارة انخفض إلى مستوى أقل من القيمة الحدية و لم يكن هناك وقت كافٍ لإتمام عملية التسليم فانقطعت المكالمة.

أما في المخطط الثاني نلاحظ أنه تم إنجاز عملية التسليم خلال الوقت اللازم دون أن تنقطع المكالمة.

-في حالة (Δ)كبيرة جداً فسوف تحصل عمليات تسليم غير ضرورية وهذا ما يجهد المركز (MSC).

-في حالة (Δ) صغيرة جداً في هذه الحالة لن يكون هناك وقتٌ كافٍ لاستكمال عملية التسليم وعندها سوف تضيع المكالمة وتقطع.



الشكل (٢-٦) عمليات التسليم بين (BTS112) و (BTS211)

يمكن تلخيص عملية التسليم بين (BTS112) و (BTS211) بالخطوات الرئيسية التالية:

١. (BSC11) يخبر (MSC1) بأن المحطة المتحركة (MS) بحاجة إلى عملية تسليم ،كما أنه يشير إلى الخلية المناسبة لعملية التسليم و تعطى الأولوية إلى (BTS211)
٢. بعد تحليل الحالة من قبل (MSC1) يرسل الإشارة إلى (MSC2) يطلب تسليم المكالمة إلى الخلية (BTS211) ، كما يرسل (MSC1) بيانات المحطة المتنقلة المخزنة في(VLR) الخاص بها.

٣. تطلب (MSC2) من (BSC21) أن يخصص قناة مرور غير مشغولة.
٤. يخصص (BSC21) قناة حرة و يعطي إشارة إلى المركز(MSC2) يعلمه بتوفر القناة.
٥. يشير (MSC2) إلى القناة في (BTS211) وإلى المحطة المتنقلة (MS) التي يجب أن توصل ،ثم تحدث سلسلة من الاتصالات بين (MSC1) و (MSC2).
٦. يطلب (MSC1) من (BSC11) التأكد من ربط (MS) إلى قناة المرور الجديدة في (BTS211) التابعة إلى (BSC21) ،كما يطلب (BSC11) من (MS) تغيير القنوات.
٧. بعد تغيير القنوات يتم الاعتراف بالطلب (يستلم هذا الاعتراف بواسطة BSC21 و يرسل إلى MSC2).
٨. تعمل (MSC2) من خلال الاتصال بين (MSC1)و (BSC21) ،يتم إرسال الاعتراف إلى (MSC1) ،يقوم (MSC1) بتنصيب طريق جديد بين (GMSC) و (MSC2) ،ويفصل الاتصال بين (GMSC) و (BSC11) ، يطلب (BSC11) إصدار قناة المرور الأصلية في (BTS112) و بذلك تنتهي عملية التسليم.

حيث إن:GMSC هي Gateway MSC

٣- الفصل الثالث:نظام الاتصالات الخلوية الخاصة بالخطوط الحديدية GSM-R

٣-١-نظرة عامة على GSM-R

- تم تعريف نظام GSM-R على أنه نظام GSM إضافة إلى بعض المواصفات التي وضعتها الشبكة الأوروبية المحسنة لاتصالات الخطوط الحديدية EIRENE فهو يحقق:
  -كافة مزايا نظام GSM .
  -إضافة إلى المزايا الخاصة بالخطوط الحديدية.
  -وهناك الوظائف التي وضعتها EIRENE ليحقق متطلبات الخطوط الحديدية.
- و هو النظام المناسب لاتصالات الخطوط الحديدية الذي يضمن استمرارية نشوء الاتصال حتى عند عبور الحدود.

٣-٢-شبكة الخطوط الحديدية الأوروبية المتكاملة المحسنة :(EIRENE)

و هي الشبكة التي وضعت متطلبات خاصة بنظام GSM ليتناسب مع احتياجات الخطوط الحديدية في كافة الدول ،و يجب على كل نظام GSM-R أن يتوافق مع هذه المتطلبات.

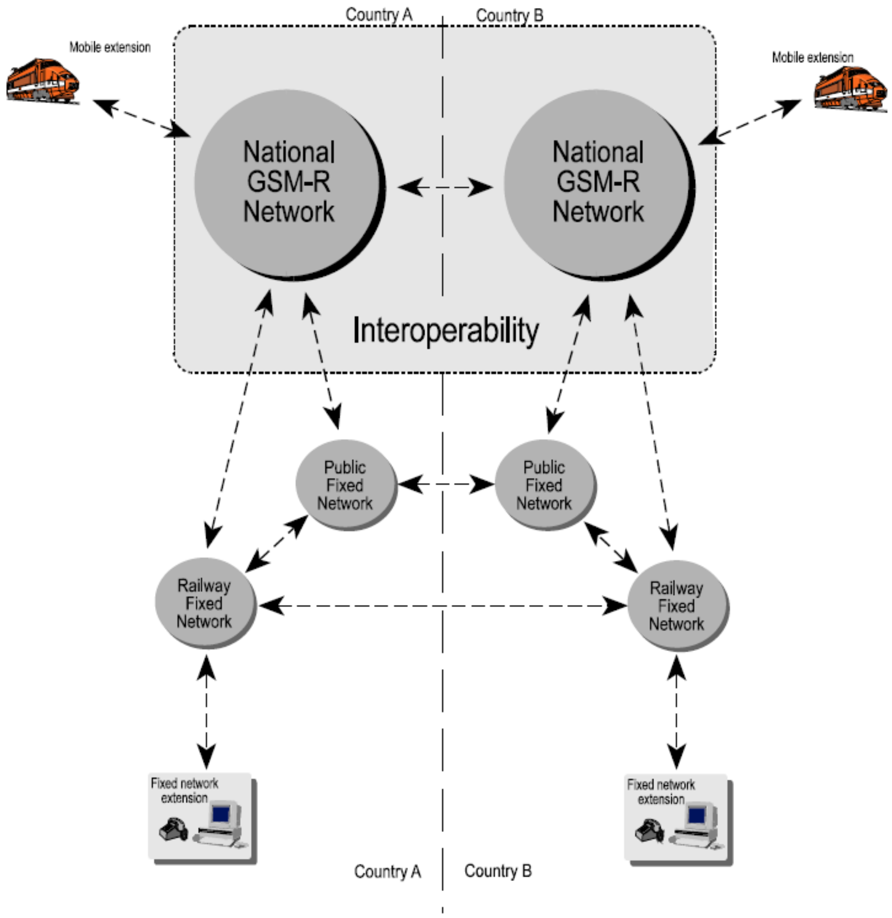
إن أي نظام اتصالات راديوي متكامل و متوافق مع متطلبات (EIRENE) العالمية من أجل تطبيقات السكك الحديدية يتكون من العناصر الأساسية التالية:

- شبكة موبايل (متحركة).
- شبكة ثابتة.
- المحطات الطرفية اللازمة لكلتا الشبكتين.
- وحدات ملاءمة السكك (كمحطات تشفير الإشارة).
- أدوات إدارة النظام.

كل شبكة GSM-R وطنية تكون معتمدة على واحدة أو أكثر من شبكات الـ GSM وهي بدورها تكون مرتبطة مع بعضها عن طريق الشبكة الثابتة لتكوّن بمجملها شبكة منطقية واحدة. كما يمكن ربط أكثر من شبكة وطنية لتؤمن خدمة دون انقطاع في عدة بلدان.

الشكل التالي(٣-١) يبين ربط شبكتين وطنيتين لبلدين، الأسهم المتقطعة تمثل الرابط المنطقي بين عناصر النظام[2].

ونلاحظ إمكانية الاتصال من تجهيزات الشبكة الثابتة إلى التجهيزات المتنقلة وبالعكس عبر شبكة GSM-R في كل دولة ،إضافة إلى الاتصال بين شبكتي GSM-R في كلتا الدولتين.

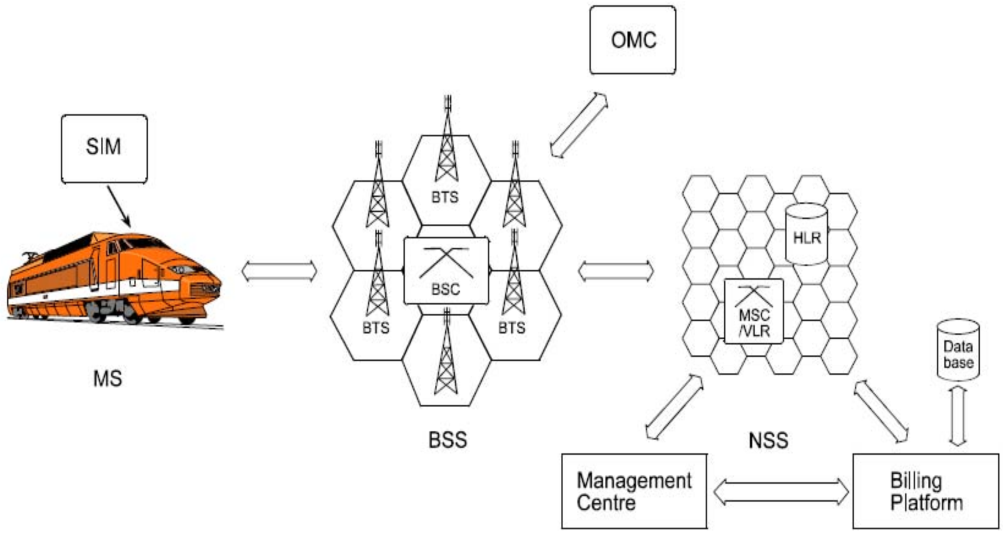


الشكل (3-١) ربط شبكتين وطنيتين لبلدين

٣-٣-تتألف شبكة الـ GSM-R من العناصر التالية:

- Base Station Sub-Systems (BSSs) أنظمة المحطة الأساسية الفرعية
- Network Sub-System (NSSs) أنظمة الشبكة الفرعية
- Mobile Equipment (ME) المعدات المتنقلة
- Subscriber Identity Module (SIM) وحدة تعريف المشترك
- Operation and Maintenance Center (OMC) مركز الصيانة و التشغيل
- Management Center مركز الإدارة
- Billing Platform (اختياري) لتنظيم الفواتير
- Fixed links الخطوط الثابتة

كما هو مبين في الشكل التالي(٣-٢):



الشكل(٣-٢) مكونات شبكة GSM-R

٣-٤-الشبكة الثابتة:

تطبيق الشبكة الثابتة يعتمد على متطلبات السكة الحديدية و يتألف من شبكة ثابتة خاصة للسكك الحديدية أو شبكة ثابتة عامة أو مزيج من الاثنين و مهما كان نوع التطبيق فالشبكة تضم العناصر التالية:

- مبدلات الشبكة: وظيفتها توجيه الاتصال خلال الشبكة إلى الجهة الصحيحة.
- نقاط اتصال الشبكة الثابتة.
- النقاط الطرفية للشبكة:يتم من خلالها توصيل الأجهزة الطرفية و أنظمة الدعم الخاصة بالسكك الحديدية.
- مركز الإدارة: و هو ضروري لإعداد الشبكة ،مراقبة الأداء، إدارة الخلل، إدارة المشتركين...إلخ

الشبكة الثابتة تقوم بتأمين الاتصال بين شبكة الـ GSM و مواقع السكة الحديدية الثابتة (كمراكز التحكم و المحطات).

و أيضا تقوم بتأمين وحدات ملاءمة لأنظمة الإشارة و معدات السكة الخاصة الأخرى لدعم وظائف نظام الاتصالات الراديوي المتكامل.[8]

٣-٥-المعدات الطرفية:

تقسم إلى:

- معدات متحركة: و هي الطرفيات الأساسية المتوضعة في قمرة سائق القطار و هي إما أن تكون مستقلةً و تؤمن اتصال السائق بالتجهيزات الموجودة في المحطة و مع العمال فقط، أو على الأغلب تكون إذاعة القمرة متصلة بأنظمة أخرى مطبقة لتأمين المتطلبات الخاصة بالخطوط الحديدية.
- معدات ثابتة: و هي بشكل أساسي مفاتيح تستخدم من قبل المسؤولين عن التحكم و مشغلين القطارات و فريق الصيانة.

٣-٦-متطلبات نظام السكة الحديدية:

كل السكك الحديدية الوطنية لها المتطلبات الفردية لنظام الاتصالات اعتماداً على احتياجات العمل والسائقين و الأولويات لتلك السكة الحديدية. ولذلك سيكون من المهم بالنسبة لكل خط سكة حديد وضع تعريف واضح لهذه الاحتياجات وضمان أن تكون في الاعتبار في توصيف النظام.

فإن مقياس EIRENE يسمح بدرجة عالية من المرونة في تنفيذ الخيارات المتاحة. وتقع على عاتق كل من السكك الحديدية ضمان أن يوفر نظام الراديو الوظيفة المطلوبة لتلبية احتياجات أعمالهم ، في حين الامتثال لمتطلبات التشغيل المشترك (بين الدول).

٣-٦-١-متطلبات التشغيل المشترك:

-- نداء الحالات الطارئة للسكك الحديدية .

-- الاتصال بين السائق و غرفة التحكم (في الحالات الطبيعية) .

-- التسجيل وإلغاء إجراءات التسجيل .

-- نظام مراقبة القطارات TCS (Train Control System).

-- رسائل جهاز أمان السائق.

-- نداء من سائق إلى سائق للمساعدة.

-- نداء الطوارئ العام.

٣-٦-٢-متطلبات السكة الحديدية الوطنية:

-- صناعة وبناء المعدات.

-- وحدات ملاءمة نظم القطارات .

-- وحدات ملاءمة النظم الأرضية .

-- مواصفات وحدات الملائمة البشرية الآلية(Man Machine Interface) (MMI)

-- الشروط المتعلقة بتطبيقات وطنية محددة.

-- القضايا البيئية (كدرجة الحرارة و الرطوبة....إلخ).
-- تركيب واختبار و تشغيل النظام.

٣-٧-نظرة عامة على جوانب التنفيذ:

الخيارات المتاحة لتنفيذ الشبكة متوافقة مع EIRENE قد تكون من وجهتين :
-- الجوانب المتعلقة بتنفيذ GSM-R على أساس وطني من أجل توفير بنية تحتية مناسبة للاتصالات الوطنية
-- الجوانب المتعلقة بتنفيذ GSM-R على أساس دولي لضمان التشغيل المشترك مع هيئات وطنية أخرى

أحد العوامل الرئيسية التي تؤثر على التنفيذ الوطني لل‍ـ GSM-R
طبيعة عمل شبكة GSM التي ستستخدم.

هناك ثلاثة خيارات رئيسية هي :
-- شبكة GSM العامة (مشغلون من خارج الخطوط الحديدية).
-- شبكة GSM الخاصة(تخص الخطوط الحديدية).
-- شبكة GSM المختلطة ، والتي يشارك فيها القطاع الخاص والعام لكي يسهم بدور أكبر في التنفيذ.

٣-٧-١-التنفيذ على المستوى الوطني باستخدام شبكة GSM العامة:

من أجل تنفيذ شبكة GSM-R باستخدام شبكة GSM العامة ، يجب معالجة القضايا التالية ، مع المشغلين :
-- مجالات التغطية لحالية التي يقدمها مشغل الشبكة ومقارنتها مع منطقة التغطية اللازمة لتنفيذ ال‍ـGSM-R
-- مستوى التغطية التي أوصت بها معايير EIRENE والمواصفات التي تتطلبها السكك الحديدية الوطنية ، مقارنتها مع مستوى التغطية التي يوفرها مشغل الشبكة.
-- الآلية اللازمة لمشغل الشبكة العامة لتوفير مزيد من التغطية المطلوبة من قبل السكة الحديدية والجوانب التنظيمية ، مثل الوصول إلى مواقع التركيب .
-- توفير حلول خاصة لأماكن انقطاع الإشارة كالأنفاق ، من وظائف مشغل الشبكة
-- المستوى المطلوب من الخدمات التكميلية التي يقدمها مشغل الشبكة مثل VGCS، VBS ، eMLPP.

حيث إن بعض مشغلي الشبكات قد لا توفر بعض أو كل الخدمات الإضافية المطلوبة لتلبية معايير EIRENE

-- المعايير والأساليب التي ستستخدم لتقييم الخدمات التي يقدمها مشغل الشبكة ، ونظام العقوبات الذي سينفذ في حال مشغل الشبكة لا يؤدي حسب المستوى المطلوب

-- مدى استعداد مشغل شبكة GSM العامة لدعم كل تطبيقات خط السكة الحديدية. بعض مشغلي الشبكات لديهم مخاوف من توفير السلامة المتعلقة بالاتصالات الصوتية.[2]

٣-٧-٢-التنفيذ على المستوى الوطني باستخدام شبكة GSM الخاصة:

مع هذا الخيار يملك مشغل السكة الحديدية الحرية في التنفيذ ،ويمكن أن تصمم الشبكة بشكل فعال لتلبية جميع المتطلبات الوظيفية للنظام ، وإن كان ذلك مكلفاً. ومع ذلك ، هناك جوانب معينة ينبغي التصدي لها عند النظر في تنفيذ شبكة خاصة مثل:

- التأكد أن الشبكة تتوافق مع قوانين الشبكة الموجودة.
- توافر نطاق الترددات المطلوب
- ضمان أن تنفيذ الشبكة المقترحة من شأنه أن يؤدي إلى التشغيل الكامل لـGSM-R ضمن القيود المفروضة على الميزانية في حدود مقبولة ، وأن دخل التكاليف الجارية سيحقق الأهداف المنصوص عليها.

٣-٧-٣-التنفيذ على المستوى الوطني باستخدام شبكة GSM مختلطة:

حيث إن القطاع الخاص يقوم بتوفير التغطية للعمل جنباً إلى جنب مع شبكة الـ GSMالعامة. في هذه الحالة ، مشغل سكة الحديد سيكون مسؤولاً عن التمويل، و أيضاً تركيب وتوصيل العناصر الإضافية المطلوبة لتلبية متطلبات الشبكة المتحركة للسكك الحديدية. وسيؤدي ذلك إلى مناطق تغطية خاصة ، التي ستعمل إلى جانب المناطق المغطاة التي تقدمها الشبكة العامة. في هذه الحالة ، ستكون هناك جوانب عمل مشترك للمعالجة يجب الاهتمام بها لاستخدام النظام [8]

٣-٨-اعتبارات قابلية التشغيل المشترك الدولي:

- تقديم خطة ترقيم ثابتة ومتماسكة و علاقتها بنظم الترقيم المستخدمة في شبكات GSM-Rأخرى.
- آلية توجيه الاتصال المستخدمة في الشبكة ، وكيفية ملاءمته في شبكة GSM-Rأخرى.

- حركة القطارات عبر الحدود الدولية ، والإجراءات المتاحة لمخاطبة المعدات الفنية فيها وحدها (أي دون الحاجة لمعرفة منشأ القطار) .
- نظام إدارة النداءات و مراقبة الأداء والتي استخدمت في الشبكة وكيف ستعمل في الخدمات الدولية.
- التوافق بين المعدات المتحركة من شبكة إلى شبكة وتوفير تطبيق خدمات تكميلية للمرحلة (phase2) ،و المرحلة (phase2+) .
- البيانات الإضافية ونظم الإشارات المتكاملة مع كل الشبكات وكيفية عملها مع الخدمات الدولية.

٣-٨-١-معيار EIRENE في الترقيم و توجيه الاتصال:

إن معيار EIRENE في الترقيم مصمم ليشمل أرقام تحدد القطارات و الأفراد بحسب الوظيفة والمعدات. جزء من خطة الترقيم معنية بالترقيم الوظيفي ،حيث يتم استخدام (أرقام تشغيل الخدمات مثل أرقام الرحلات أو رقم المحرك....إلخ) لبناء (الأرقام الوظيفية) ،التي بدورها تستخدم في الولوج إلى المعدات المتنقلة في القطار مدة الخدمة. ولذلك هناك حاجة لتمثيل الأرقام الوظيفية المحددة في EIRENE (برقم المشترك) بطريقة مرنة و متماسكة لتسمح بتطوير عمليات السكك الحديدية وتعزيزها في المستقبل طوال عمر الشبكة.

٣-٨-٢-أساسيات الترقيم:

عادةً ما يتصل موجه أو ضابط القطار ومركز الموظفين بالقطار عن طريق (رقم التشغيل) عوضاً عن (رقم المشترك) الفعلي المرتبط مع الهاتف المتحرك على القاطرة، وذلك لأن قاطرة الخدمة العادية قد تتغير من يوم لآخر ، في حين يكون رقم التشغيل ثابتا وفريداً ، على الأقل ضمن نطاق السكة الواحدة. و من جهة ثانية ، موظفو الصيانة في المحطة سوف يتعاملون مع أي قاطرة عن طريق (رقم المحرك) و الاتصال مع أي جهاز على القاطرة سيكون عن طريق رقم المحرك. في كلتا الحالتين من الضروري أن يتم الاتصال مع القطار دون الحاجة لمعرفة رقم المشترك.

○ معيار EIRENE في الترقيم :

يقدم مجال من أنواع الأرقام لتلبية احتياجات العنونة للسكك الحديدية ؛ على سبيل المثال: الرقم الوظيفي يحدد سائق القطار بدلا من رقم الهاتف في مقصورة الإذاعة الموجودة في القاطرة، فإذا تم تبديل القاطرة خلال الرحلة ، فإن الرقم الوظيفي المستند إلى رقم التشغيل في القطار سوف يبقى كما هو.

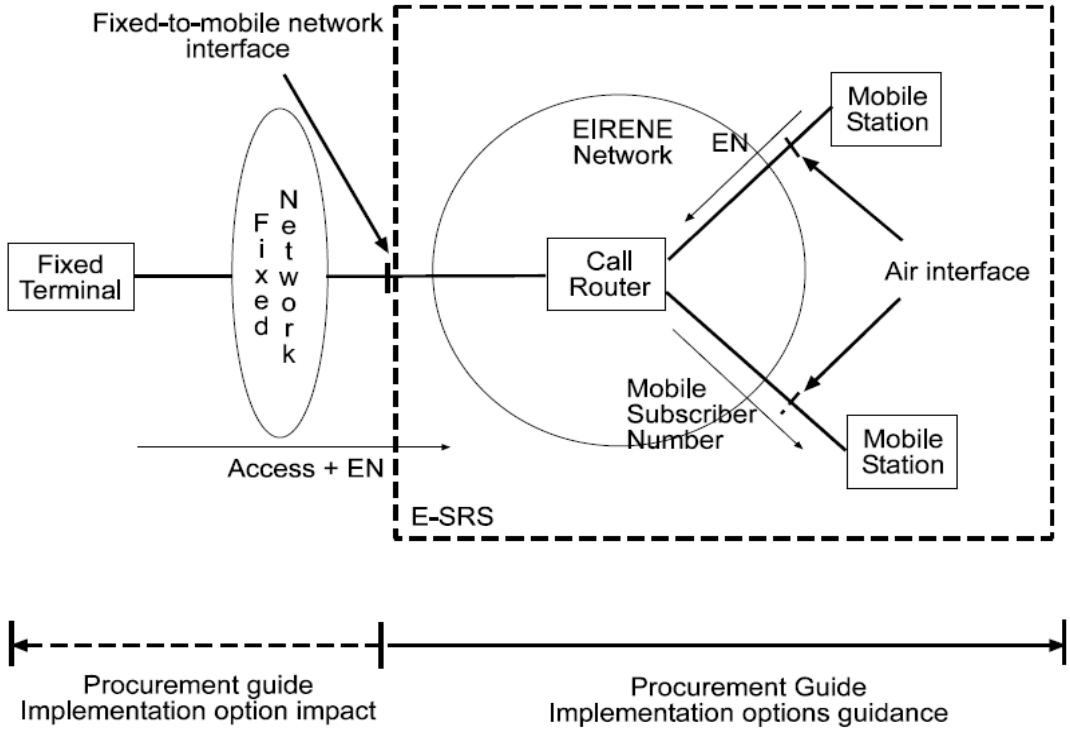
وبالتالي ،فإن مستخدمي الشبكة يجب أن يكونوا قادرين على إرسال و استقبال المكالمات باستخدام الأرقام الوظيفية. هذا بحاجة إلى الامتثال للشروط التي يحددها EIRENE لهيكل الأرقام الوظيفية ، آخذين في الاعتبار معايير الترقيم الخاصة بالسكة الحديدية و المعايير الوطنية للترقيم .

○ خطة الترقيم العامة :

وهي خطة الترقيم التي يستخدمها مشغل الشبكة العامة لتوجيه الاتصال خلال الشبكة ،الذي يتألف من أرقام الهاتف الفعلية مثل رقم Mobile Station ISDN (MSISDN)

إن إنشاء العلاقة بين الرقم الوظيفي ورقم المشترك يتم من قبل المستخدم من خلال إجراءات التسجيل ،وتتم إزالتها من قبل المستخدم من خلال إجراءات إلغاء التسجيل . الرابط بين الرقم الوظيفي ورقم المشترك موجود في قواعد بيانات موجهة. عندما يتم إجراء مكالمة ، يتم ترجمة الرقم الوظيفي إلى رقم المشترك في الحال. ينبغي إلغاء تسجيل الأرقام الوظيفية عندما لا يعود هناك حاجة إلى ذلك لجعلها متاحة لمستخدمين لاحقين.

ويظهر الرسم البياني الموضح بالشكل (٣-٣) المكونات المختلفة للشبكة المتكاملة للاتصالات الراديوية ،الوحدات البينية المختلفة ، تمرير معلومات إنشاء الاتصال من الجهة الطالبة للاتصال إلى الشبكة، وموقع موجه الاتصال الذي يترجم(يحول) الرقم الوظيفي إلى رقم المشترك[2] .



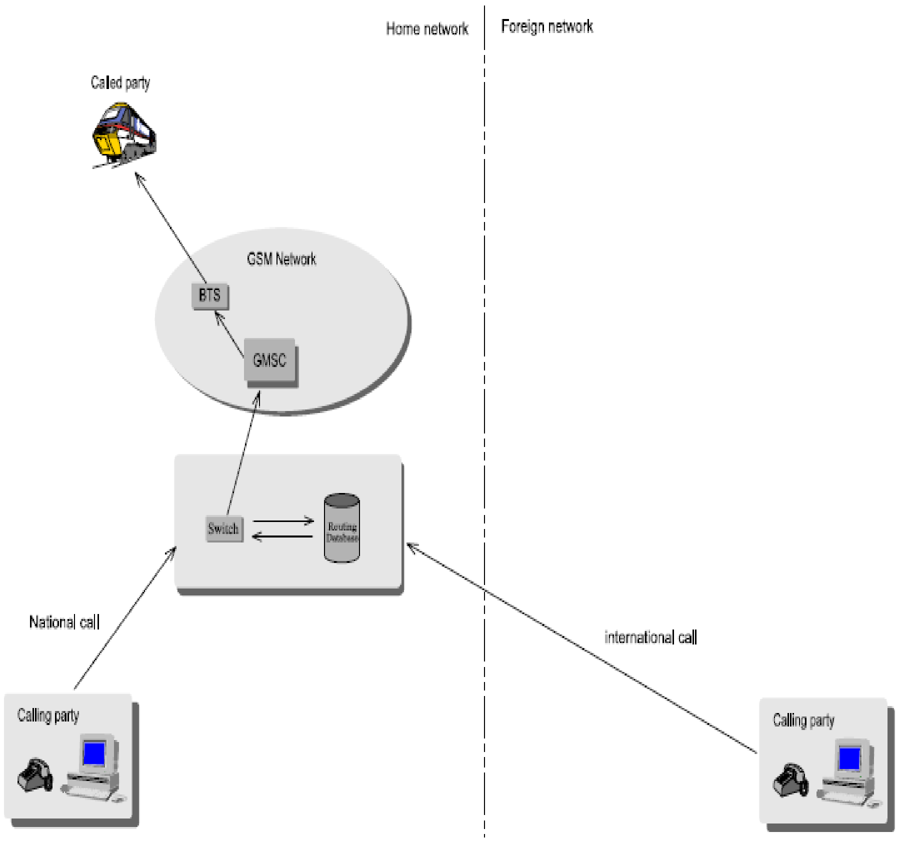
الشكل (٣-٣) المكونات المختلفة للشبكة المتكاملة للاتصالات الراديوية

٣-٨-٣-أساسيات توجيه الاتصال:

٣-٨-٣-١-عندما يعمل قطار في الشبكة المحلية ، فإن جميع الأرقام الوظيفية (مثل رقم المحرك و رقم التشغيل) المرتبطة بالقطار سيتم تخزينها في هذه الشبكة. جميع المستخدمين الذين يرغبون في الاتصال به من خلال الرقم الوظيفي سيحتاجون لتأسيس الاتصال عبر الشبكة المحلية.

نلاحظ من الشكل أنه تتم ترجمة الرقم الوظيفي عن طريق الشبكة المحلية و توجيه الاتصال إلى هاتف القطار لذلك تعتبر المكالمة بالنسبة للمستخدمين في البلد نفسه داخلية ،أما بالنسبة للمستخدمين في دول أخرى ستكون المكالمة دولية.[2]

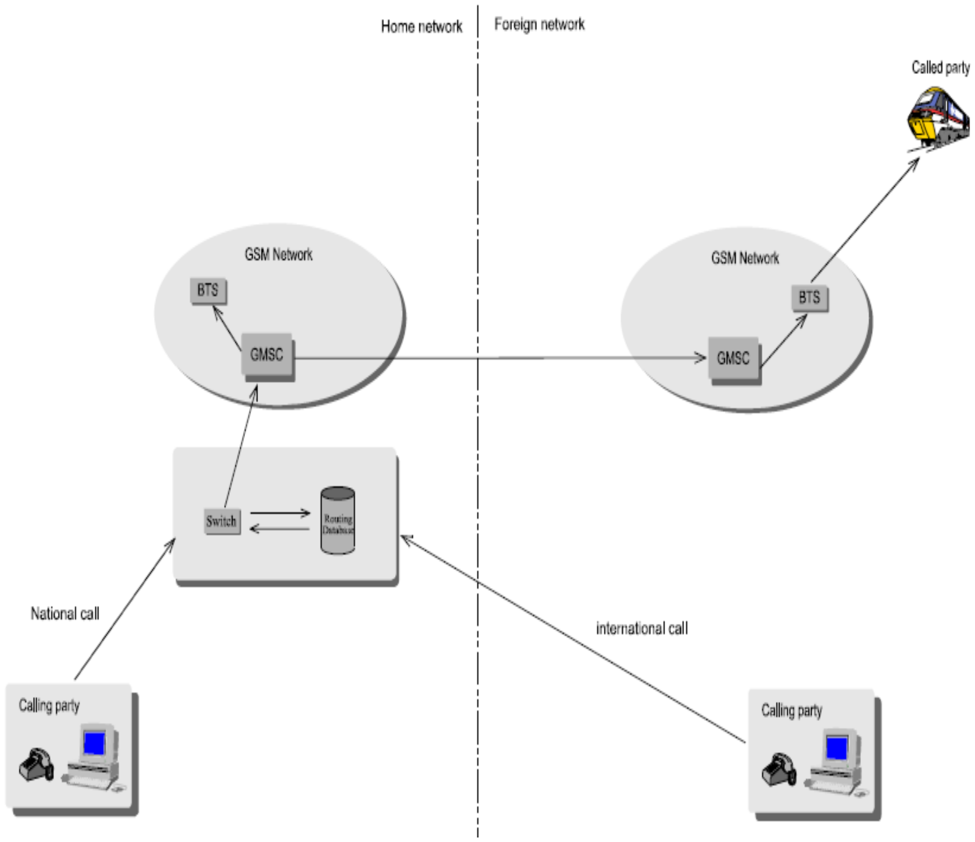
كما هو مبين في الشكل التالي(٣-٤):



الشكل(٣-٤) توجيه الاتصال إلى قطار يعمل في شبكته المحلية

٣-٨-٣-٢-عندما ينتقل القطار من شبكة محلية إلى أجنبية أثناء السفر ، فإن تأسيس الاتصالات يتم باستخدام الأرقام الوظيفية المخزنة ضمن الشبكة المحلية التي تترجم إلى رقم المشترك ذات الصلة به و توجه للقطار من خلال إجراءات GSM للتجوال الخارجي ،أي أنه في حال طلب الاتصال بقطار موجود خارج الشبكة المحلية سواء كان هذا الاتصال من شبكة الخطوط الحديدية الأصلية، أو من الشبكة التي يتجول فيها ،فإنه في كلتا الحالتين سيمرر الاتصال عبر شبكة GSM-R الأصلية ليتم ترجمة الرقم الوظيفي إلى رقم المشترك ،ثم يمرر الاتصال إلى القطار.

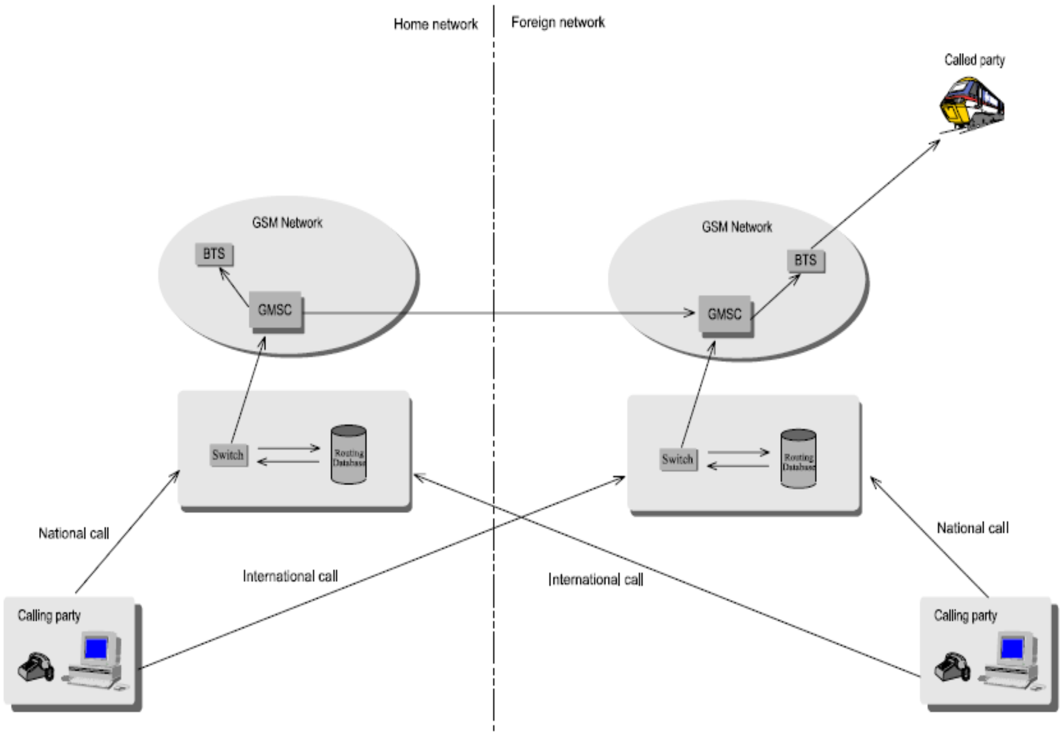
و الشكل التالي(٣-٥) يوضح ذلك:



الشكل (٣-٥) توجيه الاتصال إلى قطار يعمل في شبكة أجنبية(نموذج ١)

عموماً ، سوف تحتاج غرفة التحكم للاتصال بقطار دولي و هو ضمن شبكتها المحلية باستخدام رقم التشغيل المحلي. هذا يجنب الحاجة إلى معرفة بلد المصدر للقطار. وهذا يتطلب تحويل معلومات الرقم الوظيفي المرتبطة مع رقم تشغيل القطار عندما يعبر القطار الحدود. هناك أرقام وظيفية أخرى (مثل تلك التي تستند إلى أرقام المحرك) ينبغي أن تظل ضمن الشبكة المحلية للقطار. لذلك عندما يتم الاتصال بقطار يعمل في شبكة GSM-R أخرى فهو يحتاج للحصول على معلومات الأرقام من الشبكة المحلية للقطار ،أي أن المكالمة ستمر من شبكة GSM-R المحلية لذلك ينبغي أن يكون الاتصال دولي.[2]

كما في الشكل(٣-٦):



الشكل (٣-٦) توجيه الاتصال إلى قطار يعمل في شبكة أجنبية نموذج (٢)

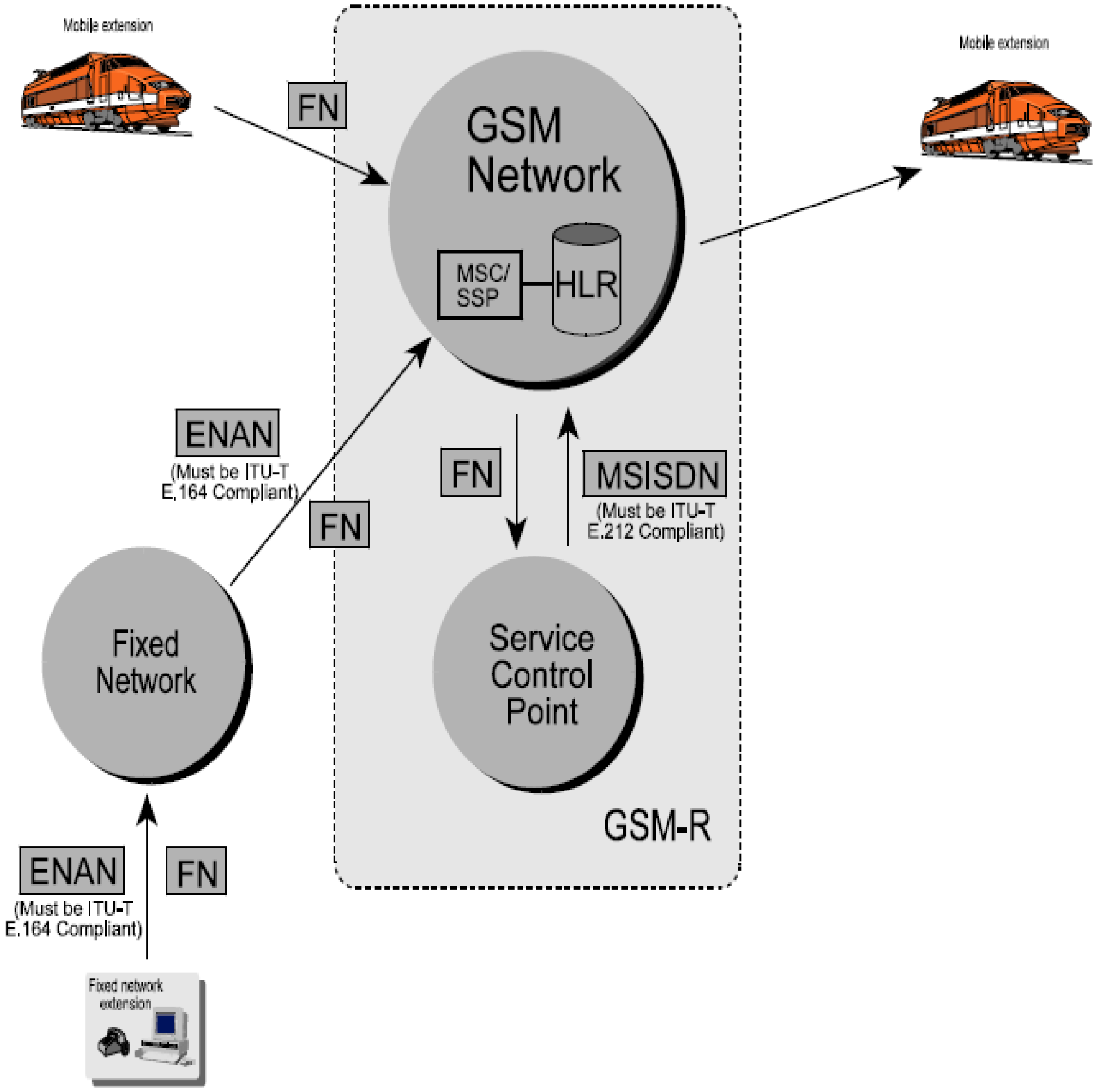
٣-٨-٤-طرق تحويل أو ترجمة الأرقام:

٣-٨-٤-١-تطبيق الشبكة الذكية:

عندما يتم استخدام حل الشبكة الذكية سيتم التعامل مع تحويل المكالمات بشكل منفصل عن الخدمات المؤمنة، في هذه الحالة يتم استخدام الـ SSP(service switch point) (نقاط تحويل الخدمة) لمعرفة فيما إذا كانت الجهة المتصلة تريد استخدام وظائف الشبكة الذكية، عندها يتم تحويل المعلومات المزودة من الجهة المتصلة إلى الـ SCP (service control point) (نقطة التحكم بالخدمة) حيث تتم ترجمة الرقم الوظيفي المطلوب إلى رقم الموبايل المقابل MSISDN و يعيد المعلومات إلى الـ SSP التي تهيئ الاتصال.

ضمن شبكات GSM-R فإن حل الشبكة الذكية يعتمد على مزيج من ملف المشترك المتحرك والرقم المطلوب. عندما يطلب مستخدم متحرك و مشترك بخدمة الشبكة الذكية رقم وظيفي ما ، فإن الـ GSM SSP سوف تلاحق هذا الرقم على أساس الملف التعريفي للمشترك و تمرر المعلومات إلى الـ SCP للحصول على رقم الموبايل المطلوبMSISDN ثم يتم الاتصال بالمحطة المتنقلة من خلال هذا الرقم عبر شبكة GSM-R

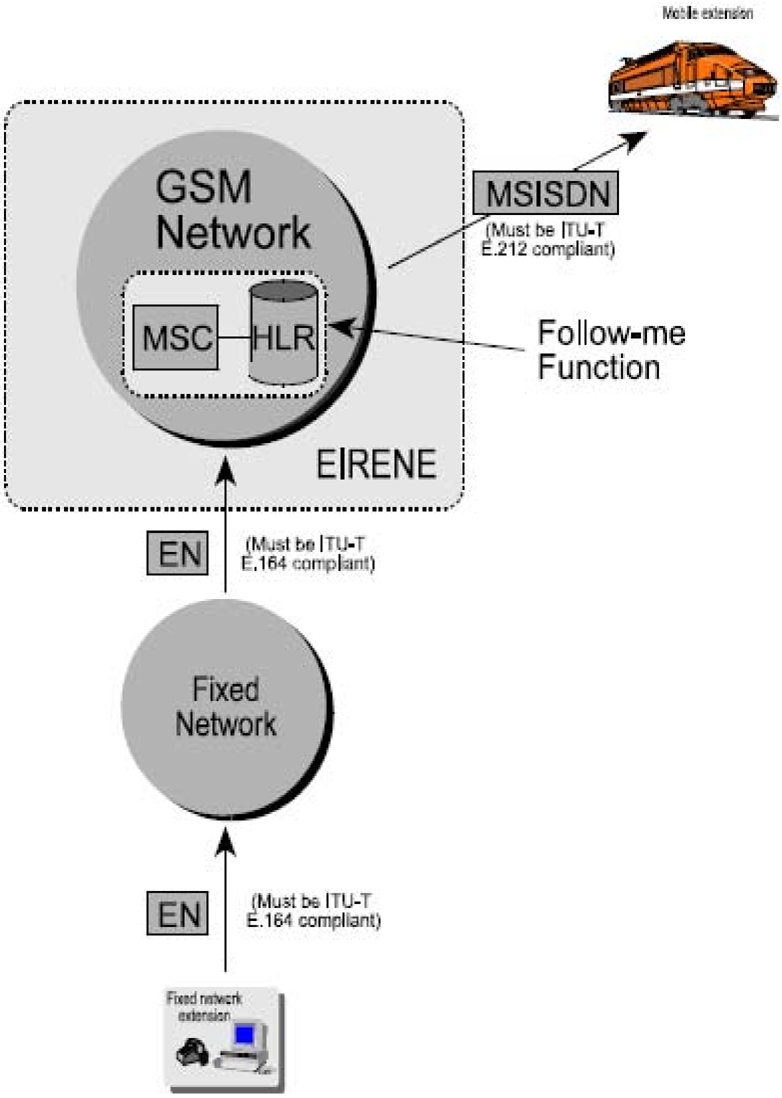
تتم نفس العملية السابقة في حال كان المشترك الطالب عبارة عن طرفية ثابتة حسب الشكل التالي (٣-٧):



الشكل (٣-٧)تطبيق الشبكة الذكية

٣-٨-٤-٢-تطبيق السجل الدائم الشبكة HLR:

و هنا تستخدم ميزة " اتبعني" لتوفير الترجمة المطلوبة للرقم الوظيفي إلى رقم MSISDNضمن الـ HLR إن هذا التطبيق لا تتطلب مزيداً من عناصر الشبكة.



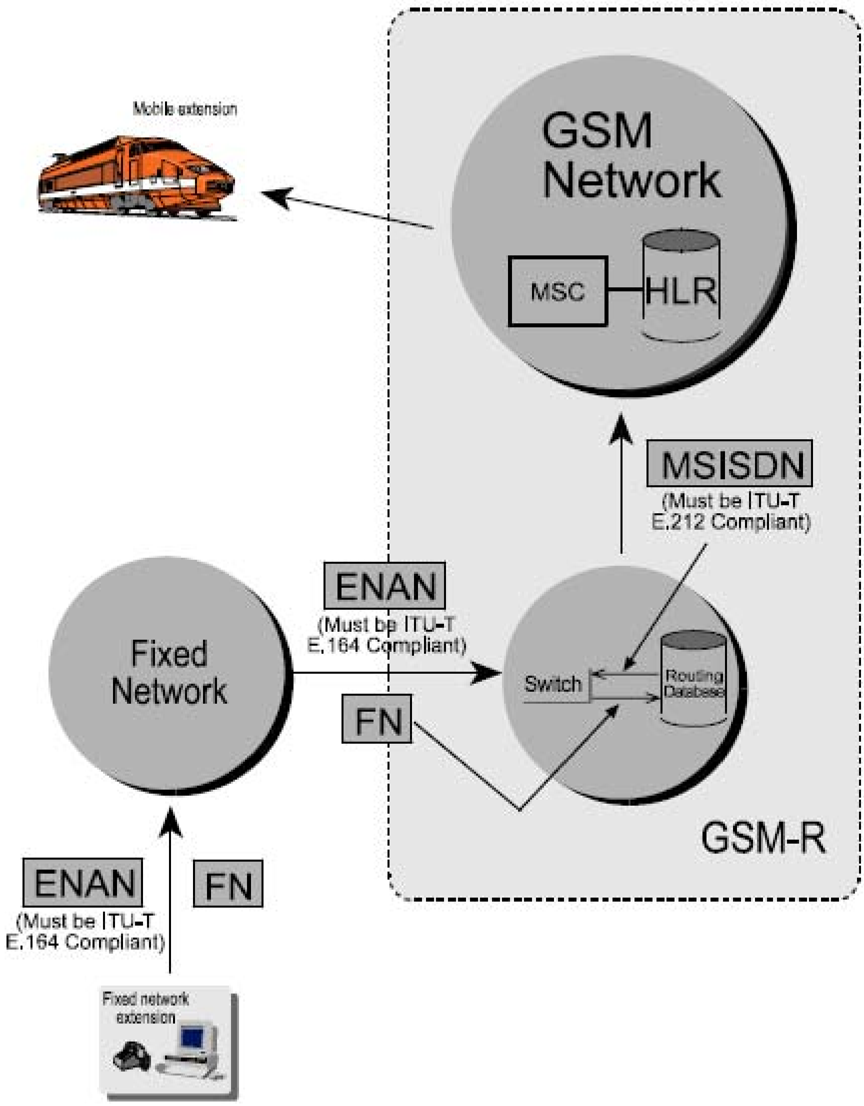
الشكل (٣-٨) تطبيق السجل الدائم

يبين الشكل(٣-٨) أن الجهة المتصلة تتصل بالـ ENبشكل مباشرو يتم توجيه الاتصال عبر الشبكة إلى الـ GSM MSC حيث تستخدم خدمة إعادة توجيه المكالمات غير المشروطة لترجمة رقم الـ EN الى رقم الـ MSISDN ذي الصلة بالموبايل و يتم إنشاء الاتصال.

٣-٨-٤-٣-تطبيق مبدلة خاصة:

مع هذا النوع من التطبيقات لا تستخدم السكة الحديدية أي ترجمة للأرقام المزودة من قبل شبكة الـ GSM حيث يتم تحويل جميع المكالمات باستخدام مبدلة خاصة هي التي تقوم بالترجمة الضرورية للأرقام الشكل(3-٩).

ولا تشكل هذه المبدلة جزءاً من شبكة الـ GSM.



الشكل (٣-٩)تطبيق مبدلة خاصة

٣-٩-عنونة الموقع:

من أجل الحصول على توجيه صحيح للمكالمات إلى محطات التحكم المناسبة ،هناك اعتبارات التشغيل المشترك بشأن اختيار الطريقة التي من خلالها يتم الحصول على معلومات موقع القطار الحالي.

إن تأمين الاتصالات بين السائق و مأمور حركة معين بالضغط على زر واحد أو بطلب رقم مختصر يعتبر من أهم الأهداف، و كذلك الأمر بالنسبة للاتصال بين سائق القطار و سائقين آخرين أو مسؤولين آخرين.

و كون أن القطار خلال رحلته يمر بعدد مختلف من مأموري الحركة ،فإن الوقت اللازم للبحث عن مأمور الحركة الذي يتبع له السائق في لحظة معينة و من ثم إدخال هذه المعلومات ليتمكن من الاتصال يعتبر وقتاً طويلاً وخاصة في حال مكالمات الطوارئ.

لذلك ،فإن تحديث المعلومات وتوجيه مكالمة السائق إلى مأمور الحركة المناسب يجب أن يتم آلياً في أية لحظة و من أجل ذلك فإن نظام GSM-R يحتاج إلى معلومات تحديد الموقع حيث تلزم معلومات عن:

١. موقع القطار.
٢. رقم الخط الحديدي الذي يسير عليه القطار.
٣. اتجاه القطار.

و هناك عوامل أخرى تؤثر على هذه العملية و هي الوقت و التاريخ.

يتم توجيه المكالمة دائماً من المعلومات المتاحة لحظة تأسيس الاتصال

مبدأ العمل:

إن الخلية التي يتم تأسيس الاتصال فيها تسمح بتوجيه المكالمة لمأمور الحركة المناسب لكن بوجود بعض الملاحظات:

١. اختلاف حدود الخلايا عن حدود منطقة مأمور الحركة و هذا يعني أن معرفة الخلية لوحدها غير كافٍ لتحديد مأمور الحركة المناسب.
٢. إن حدود الخلية تختلف باختلاف الأحوال الجوية.
٣. لا يمكن الاعتماد عليها في حال كون عدد القطارات قليل حيث يتم دمج منطقتي مأموري حركة.
٤. إن متطلبات تصميم شبكة GSM مستقلة عن مناطق مأموري الحركة ، و بالتالي فإن أي تغيير في التصميم سيؤدي إلى تغيير في العلاقة بين الخلايا و مناطق المناورة.

و من أجل الحصول على توجيه صحيح للمكالمة إلى مأمور الحركة المناسب فإنه يجب الانتباه إلى أنظمة طرق تحديد الموقع.

أمثلة عن الطرق الممكنة هي :

- نظام الإشارات على جوانب السكة .

- المرسلات : في هذا الخيار ، توضع مرسلات غير فعالة (حلقات أو balises)على طول خط السكة الحديد بينما تتوضع المرسلات الفعالة على عربات القطار حيث تقوم بالإعلام عن القطارات المارة من موقعها.

- نظام الملاحة لتحديد المواقع GPS، والمنارات وما إلى ذلك.

-نظام العلامات : حيث يتم تثبيت المرسلات الغير فعالة على القطار نفسه.

٣-١٠-توصيف النظام:

٣-١٠-١-التوصيل المشترك لشبكة الـ GSM-R :

غالبا ما تكون شبكة الـ GSM-R متصلة مع شبكات أخرى كشبكة الهاتف و المعطيات و شبكة الخطوط الحديدية.

و لدينا ثلاثة أنواع من التوصيل: الفيزيائي و المنطقي و الإجرائي.

- الربط الفيزيائي: وحدات الملاءمة الفيزيائية تصف الربط بين شبكات الـ GSM-R للسكك الحديدية المختلفة و هي عبارة عن نقاط دخول و خروج تابعة للشبكة (Break out/Break in points) وتعتبر بوابات الشبكة (GSM-R Gateway Switches). و ترتبط هذه البوابات العائدة لأكثر من شبكة مع بعضها بعضاً بإحدى أنواع الربط التالية:

أولاً-الربط الخاص: و فيه تشكل الشبكات المختلفة شبكة خاصة واحدة فعلية و هي تعطي الـ GSM-R أعلى درجات المرونة من حيث تحديد و استخدام طرق الترقيم.

ثانياً- الخطوط المستأجرة: و فيها تكون الشبكات المختلفة شبكة واحدة افتراضية حيث إن الخطوط المستخدمة تكون أساساً لشركة أخرى.

ثالثاً- الربط العام: و تكون الخطوط هي خطوط عامة و لا تعطي الشبكة أية مرونة.

- الربط المنطقي: و هو يتعامل مع البروتوكولات المستخدمة في الربط الفيزيائي المشترك و هي نوعين:

-بروتوكولات إنشاء الاتصال.

-بروتوكولات تبادل المعلومات.

- الربط الإجرائي: و يغطي الإجراءات المتعلقة بتجاوز القطار للمناطق الحدودية كإجراءات تبادل المعلومات بين نقاط التحكم وإجراءات إعادة التسجيل في الشبكة الجديدة و هكذا...

٣-١٠-٢-تسجيل و إلغاء تسجيل الرقم الوظيفي:

تكون المعلومات الخاصة بتسجيل الرقم الوظيفي للقطار موجودة في قاعدة معطيات التوجيه الخاصة بالبوابة التابعة لشبكة الـ GSM-R التي يعمل ضمن منطقتها القطار حالياً. فعند تجاوز القطار لمنطقة حدودية بين شبكتين فإن عملية التسجيل و إلغاء التسجيل يمكن أن تتم يدوياً من قبل موظفي القطار أو أن معلومات التسجيل و إلغاء التسجيل تنتقل تلقائياً بين بوابتي الشبكتين و بالتالي فإن التسجيل و إلغاء التسجيل أيضاً يتم بشكل تلقائي.[2]

هناك حالتان لاستخدام الرقم الوظيفي:

- توجيه المكالمة بدون تجوال:

هذ الحالة تحدث عندما يريد المشترك في إحدى شبكات GSM-R الاتصال بمشترك آخر مسجل في شبكة GSM-R أخرى ،في هذه الحالة يطلب المشترك رقم وظيفي دولي و الذي سيترجمه مبدل البوابة إلى رقم وظيفي وطني مع بادئة مناسبة لتقود المكالمة إلى الشبكة الهدف.

- توجيه المكالمة مع تجوال:

هذه الحالة تحدث عندما يريد المشترك في شبكة GSM-R الاتصال بمشترك في نفس الشبكة لكنه حالياً موجود خارج حدود شبكته ،في هذه الحالة يتم طلب الرقم الوظيفي الوطني و تتم ترجمته إلى MSISDNقبل تأسيس الوصلة الدولية.

٣-١١-ترخيص و توزيع الترددات:

يكون توزيع الترددات لحزمة بعرض 900 MHZ بحسب الجدول التالي:

Uplink	Downlink	
935-960 MHz	890-915 MHz	Primary GSM
925-935 MHz	880-890 MHz	Extended GSM
921-925 MHz	876-880 MHz	Railways GSM

الجدول (٣-١) الترددات المخصصة لنظام GSM-R

٣-١٢- التغطية الراديوية:

الشروط التالية تمثل الحدود الدنيا الواجب تطبيقها:

-نسبة تغطية 95% على أساس المستوى 38.5 dBμV للصوت و المعطيات الحساسة و ذلك لكل ١٠٠ m على ألا يتجاوز مستوى تخامد الإشارة 3dB بين المرسل و المستقبل و 3dB من أجل التقادم .

-نسبة تغطية 95% على أساس المستوى 41.5 dBμV/m لخطوط نظام التحكم بالقطار لسرعة ≥ Km/h ٢٢٠ [2]

٣-١٣- متطلبات الوثوقية، الجدوى، و قابلية الصيانة RAM:
(Reliability, Availability and Maintainability)

هذه المتطلبات تعتمد بدرجة كبيرة على التطبيقات المشغلة على النظام و هي تصنف إلى متطلبات خاصة بالتشغيل و أخرى خاصة بالأمان، و أيضاً التطبيقات يمكن تصنيفها إلى تطبيقات متعلقة بالاتصالات بين السائق و غرفة التحكم و تطبيقات متعلقة بالتحكم بالقطار.

لتقييم متطلبات الـ RAM الموضوعة على تطبيق معين فإنه يجب تحديد أنواع التأثير على سير القطار و الناتج عن توقف تطبيق معين نتيجة مشكلة ما في النظام حسب نوع التطبيق و تأثيره.

مثال:

في التطبيق المستخدم في الاتصال بين السائق و غرفة التحكم، عند فقدان هذا الاتصال،فإن ذلك لا يوقف القطار و لكنه يؤثر على الأمان و خاصة في ظروف الحوادث، أما في حالة التحكم بالقطار، فإن فقدان الاتصال قد يؤدي إلى إجبار القطار على التوقف.

إن منهجية تأمين هذه المتطلبات أيضاً لشبكة الاتصالات تعتمد على التطبيقات المستخدمة في النظام و احتياجات المستخدم متضمناً الخطوات التالية:

- تحديد التطبيقات المستخدمة في شبكة الـ GSM.
- تحديد الأعطال في الشبكة.
- تحديد الأعطال في التطبيق بناءً على أعطال الشبكة.
- تحديد متطلبات التشغيل و السلامة لمشغل القطار بناءً على أعطال التطبيق.
- تحديد تأثير العوامل السابقة على سير القطار.

عندما تحدد المتطلبات طبقاً للخطوات السابقة عندها يمكن إجراء تحليل الكلفة و ذلك بدراسة تصميمات الشبكة و تقرير الخطوات الواجب اتخاذها لزيادة مرونة الشبكة و بالتالي دعم مستويات الأداء العام المرجوة.

٣-١٣-١-بعض المحددات التي تخص الوثوقية و الإتاحية:

لكي نحدد متطلبات أداء الاتصال في الشبكة فإن العوامل التي يجب أخذها بعين الاعتبار من أجل تطبيقات الشبكات العامة و الخاصة هي ما يلي:

- إن الشبكات يمكن أن تتضمن أعطال مختلفة و كثيرة، و بالتالي تأثيرات مختلفة على سير القطار مما يؤدي إلى انخفاض أداء الخدمة أو توقف تطبيق معين بالكامل.
- العطل الواحد قد يسبب أكثر من تأثير على القطار تبعاً لموقع العطل.

٣-١٣-٢-مراقبة الأداء:

في حالة تطبيق الشبكة العامة فإن متطلبات الـ RAM و مستويات الخدمة المطلوبة من مشغل الشبكة يجب دراستها بحذر و تبيانها في اتفاقية مستوى الخدمة SLA بين مشغل الشبكة و مشغل السكة الحديدية.

و لتقييم الجودة الفعلية للخدمة المقدمة من الشبكة هناك طرق و إجراءات للمراقبة مثل:

- أوقات تهييء الاتصال.
- قوة الإشارة و وثوقية التغطية.
- أوقات التحويل.
- انقطاعات التحويل.
- معدل أخطاء النقل في البيانات.
- أزمنة تأخير التحويل بين الأطراف النهائية.
- عدد المكالمات الفاشلة.

على مشغل السكة الحديدية أن يدرس جانب مراقبة الأداء و كيفية تطبيقه و في أغلب الأحيان يكون شكل التطبيق خاضع للنقاش بين مشغل السكة الحديدية و مشغل الشبكة.

٣-١٣-٣-قابلية الصيانة:

إن قابلية الصيانة لجسم أو نظام أو خدمة تقاس بمدى سهولة إصلاح الأعطال في النظام.

لذلك فإن قابلية الصيانة ترتبط بدرجة كبيرة بالنظام و تصميم العناصر فيه، و السهولة تقاس بالوقت الفعلي اللازم للإصلاح (MTTR) و أيضاً بسرعة تحديد العطل و سرعة الاستجابة لإصلاح العطل، و بالتالي قابلية الصيانة تقاس بالعوامل التالية:

- اكتشاف العطل

- تحديد سبب العطل
- الإبلاغ عن العطل
- حضور و استجابة الشخص المسؤول عن الإصلاح و الصيانة

إن قابلية الصيانة لنظام الاتصالات ليست من مسؤوليات مشغل الشبكة و إنما هي مسؤولية مشغل السكة الحديدية لتحديد متطلباته التي يمكن معرفتها من احتياجات التشغيل.

٣-١٤-إدارة الأعطال:

و هي مجموعة من الوظائف و الإجراءات تتيح إمكانية كشف و تحديد الأعطال و كذلك عزل و تصحيح العمليات غير الطبيعية لنظام الاتصالات.

- مراقبة الإنذار: يتيح إمكانية مراقبة الجودة للخدمة المقدمة من عناصر الشبكة. عند حدوث شيء يدل على انخفاض أداء خدمة أو أداة معينة نظام المراقبة يقوم إما بإعلام مدير النظام أو سحب أو إيقاف عمليات معينة لتقليل و تصحيح الأخطاء.
- تحديد مكان العطل: إن المعلومات المبدئية عن العطل و المقدمة من قبل النظام تكون غير كافية لتحديد مكان العطل، فإنه يجب زيادة المعلومات باستخدام روتينات إضافية لتحديد مكان العطل.
- تصحيح الأعطال: تصحيح الأعطال عادة ما يتطلب تغيير أو إصلاح المعدات. تصحيح عطل أو أكثر يمكن إنجازه خلال زيارة الصيانة حيث من المرغوب اتباع استراتيجيات معينة لتحقيق إصلاح العطل في أقل عدد من الزيارات.
- الفحص: بعد إصلاح العطل يتم إجراء بعض الفحوصات للتأكد من أن المعدات تعمل بشكل صحيح و يمكن إجراء الفحص بشكل محلي أو عن بعد حيث توجد طريقتان: ١) إجراء التحاليل من قبل المعدات و إرسال تقرير النتائج إلى الإدارة. ٢) إجراء التحاليل من قبل الإدارة مباشرة
- إدارة المشاكل: يجب الاحتفاظ بالسجلات و التقارير مثل تفاصيل وضع المشكلة الحالية، معلومات إضافية، الإجراءات التي اتخذت، أو التي يتم اتخاذها، أو التي ستتخذ، أي المشاكل تم حلها....إلخ. مما يسمح بتنظيم عملية الصيانة.

٣-١٥-إدارة الشبكة:

هي مجموعة من العمليات من أجل المراقبة، التحكم، والتنسيق لكل عناصر الشبكة في نظام الاتصالات.

لوصف عمليات الإدارة على عناصر الشبكة في بيئة الـ GSM-R يتم عرض المصادر كأشياء ذات مواصفات معروفة تمت إدارتها. المعلومات المطلوبة لأهداف إدارة الشبكة يمكن الحصول عليها من دخل محلي، أو قد تكون دخل لأنظمة أخرى في الشبكة، أو قد تكون خرج لطبقة أدنى من البروتوكولات.

إن بناء شبكة إدارة الاتصالات(TMN) يقدم نمط لطبقات منطقية و هي تقوم بتقسيم إدارة الشبكة إلى خمس نطاقات أو طبقات و هي كما يلي من الأعلى إلى الأسفل:

- طبقة إدارة الأعمال: تُعنى بأهداف عملية محددة و تتعامل مع الجوانب المرتبطة بتخطيط الأعمال على المستوى العالي كالميزانية و العلاقات الخارجية و الترتيبات القانونية.
- طبقة إدارة الخدمة: و تُعنى بالجوانب التعاقدية للخدمات، مثل تحديد الخدمات المطلوب تزويدها، الملاءمة بين الزبائن و مزود الخدمة، اتفاقيات مستوى الخدمة، المعطيات الإحصائية التي يجب على الزبون الولوج إليها، الاستخدام، نظام الفواتير...إلخ.
- طبقة إدارة الشبكة: تتحكم بجميع العناصر الموجودة في الشبكة و تقوم بالتنسيق فيما بينها و تسمح بتعديلات الشبكة و تتفاعل مع طبقة إدارة الخدمة في الأمور المتعلقة بالأداء و الاستخدام و توافر الشبكة.
- طبقة إدارة عنصر الشبكة: تتحكم و تقوم بالتنسيق بين مجموعات فرعية من عناصر الشبكة.
- طبقة عنصر الشبكة: و تحتوي على وظائف الإدارة على مستوى العنصر و تقوم بتزويد البيانات المطلوبة من عنصر شبكة معين ضمن صيغة مفيدة لطبقة إدارة عنصر الشبكة.

المتطلبات التي يجب تلبيتها من قبل عمليات إدارة الشبكة في كل من طبقات الإدارة يمكن تصنيفها إلى خمس مناطق إجرائية أو وظيفية كلٌ منها تعطي واحداً أو أكثر من المقاييس التي تغطي وظيفة أو أكثر و هذه المناطق مقسمة بحسب إطار عمل الـ OSI :

- إدارة العطل: تستخدم لكشف و عزل و إصلاح المشاكل، و هي تشتمل على عمليات مثل إمكانية تتبع العطل في النظام و إجراء الفحص و التصرف بحسب كشف الخطأ بهدف إصلاح العطل.

- إدارة الإعدادات: و هي تحدد الإجراءات من أجل التهيئة، التشغيل و إنهاء إدازة العناصر و أيضاً تحدد إجراءات إعادة إعداد العناصر
- إدارة القيمة: و تحدد كيفية استخدام الشبكة و التغييرات و الكلاف.
- إدارة الأداء: و هي تدعم جميع البيإنات الإحصائية مع إخضاع هذه البيإنات لروتينات التحليل المختلفة لقياس أداء النظام.
- إدارة الأمن: و تقوم بتأمين القوانين من أجل إجراءات التوثيق، روتينات التحكم بالولوج الخاصة بالصيانة، تسهيلات التعويض و السجلات الأمنية.

إن العمليات الإدارية المؤسسة لكثير من بنود المعلومات و كذلك بروتوكولات الاتصال معروفة لأكثر من منطقة وظيفية، لذلك عند إنجاز الفعاليات الإدارية، فإن مجموعة من الوظائف الإدارية تندمج مع بعضها البعض لتؤثر على سياسة إدارية معينة، و لذلك فإن مقياس إدارة الشبكة يشكل مقاييس من المجموعات المرتبطة ببعضها و هي ثلاث مجموعات أساسية محددة حسب إطار عمل OSI كالتالي:

- مجموعة المقاييس التي تحدد وظائف إدارة الشبكة
- مجموعة المقاييس التي ترتبط بمواصفات العنصر المدار
- مجموعة من خدمات طبقة التطبيق و معايير البروتوكولات لتوصيل المعلومات التي ترتبط بوظائف الإدارة.[2]

٣-١٥-١-برنامج أو بيئة إدارة الشبكة:

إن الهدف من شبكة إدارة الاتصالات TMN هو دعم مشغل الشبكة في إدارة نظام الاتصالات بطريقة عملية و مرنة.

TMN تزود شبكة الاتصالات بوظائف إدارية و تقدم تسهيلات لربط نفسها بشبكة الاتصالات و بالتالي فإن الهدف الأساسي من TMN هو تقديم بناء شبكة منظم يسمح بإنواع متعددة من أنظمة الدعم التشغيلية و جعل برنامج إدارة النظام متصل مع عناصر شبكة الاتصالات.

TMNمن الناحية المنطقية هي شبكة منفصلة تقوم بربط شبكة الاتصالات في نقاط متعددة لاستقبال المعلومات من عناصرها و لتقوم بالتحكم بعملياتها، أما من الناحية الفيزيائية فهي غالباً ما تستخدم أجزاء مختلفة من الشبكة لتقوم باتصالاتها.

٣-١٥-٢-مواصفات إدارة الشبكة:

عند تطوير المواصفات التقنية لشبكة الاتصالات فإنه من المهم أخذ تفاصيل إدارة الشبكة بعين الأهمية كالطريقة التي تحدد بها وظيفة إدارة الشبكة و تحديد المرونة في العمليات و صيانة النظام.

المواصفات التقنية لإدارة الشبكة لكل منطقة وظيفية يجب أن تعرف متطلبات محددة، موضّحة أي الأعضاء لهم حق الولوج إلى هذه الوظيفة و كيفية تحقيق هذا الولوج.

و التوصيف يجب أن يهتم بالجوانب الخاصة بربط برنامج إدارة الشبكة مع برامج الإدارة لمشغلي الشبكات الأخرى.

وأخيراً، التوصيف لا يجب أن يهتم بالمعلومات المطلوب جمعها من قبل عناصر الشبكة المختلفة فقط و إنما يجب أن يعطي آلية جمع البيانات و تقديمها للنظام أيضاً.

٣-١٦-خطة الترقيم:

و هي حسب معيار EIRENE التي تتألف من الأرقام الوظيفية كمفهوم أساسي هي خطة ترقيم خاصة.

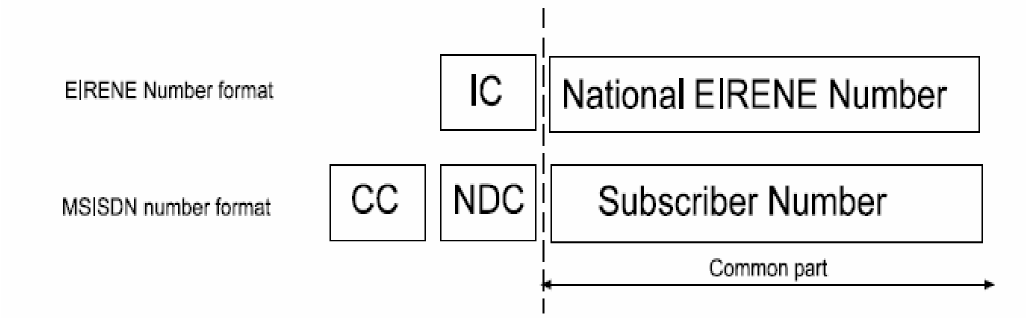
٣-١٦-١-تعيين الأرقام:

١. الأرقام المتحركة:

طبقاً لتوصيف متطلبات النظام حسب معيار EIRENE يجب على كل موبايل أن يخصص رقم MSISDN بحيث يسمح للمشتركين ذوي السماحيات أن يتصلوا بالهاتف المتحرك باستخدام رقم MSISDN عوضاً عن الرقم الوظيفي و عليه فإن كل سكة حديدية مطلوب منها الحصول على أرقام MSISDN لأجل هواتفها المتحركة من الجهات المعنية.

هناك تداخل بين الأرقام الوظيفية و أرقام الـ MSISDN و هذا التداخل يتألف من الرقم الوظيفي كونه مساوياً لرقم المشترك كجزء من رقم الـMSISDN كما يلي:

حيث إن: NDC: National Destination Code, CC: Country Code



الشكل (٣-١٠) التداخل بين الأرقام الوظيفية وأرقام MSISDN

٢. تحويلات الشبكة الثابتة:

كل طرفية ثابتة (هاتف) موصولة على شبكة الـ GSM-R تحتاج إلى رقم تحويلة.

احتياجات التخصيص أو التعيين الرقمي تعتمد على التطبيق الوطني لشبكة الاتصالات فإذا كانت الشبكة الثابتة هي بالأساس عامة فإن تخصيص الأرقام سيكون من قبل مشغل الشبكة الثابتة.

أما إذا كانت شبكة ثابتة خاصة فإن التخصيص غير ضروري و المؤسسة لها الحرية في تخصيص الأرقام التي تريدها للتحويلات الثابتة حسب حاجتها. يجب الانتباه بشكل خاص لحالة الشبكة العامة عندما تكون موصولة مع الشبكة الخاصة، عندها فإن المؤسسة يجب أن تتأكد من أن خطة الترقيم العامة لنظام الاتصالات الراديوي متوافقة مع خطة الترقيم المستخدمة في الشبكة العامة[2]

٣-١٦-٢-الأرقام الوظيفية:

الأرقام الوظيفية المعينة في الشبكة الوطنية يجب أن تخضع لمعيار EIRENE و الحالات التالية يجب أخذها بعين الاعتبار:

١. ميزة (اتبعني) في الشبكة العامة:

في هذه الحالة تحتاج الأرقام الوظيفية إلى توجيه من خلال الشبكات العامة.

يجب الحصول على الأرقام المطلوبة من مشغلي الشبكة أو من المدير الوطني إذا كانت الأرقام غير متاحة، في هذه الحالة فإنه توجد مخاطرة حيث من المحتمل إعاقة التطبيق الصحيح حسب معيار EIRENE للترقيم.

و أيضاً الحصول على الأرقام الصحيحة من أجل التحويلات المستقبلية قد يكون صعباً.

٢. تطبيق العقدة الذكية:

إذا تم الولوج إلى العقدة الذكية IN مثلاً باستخدام (ENAN) عندها فإن مؤسسة الخطوط الحديدية تحتاج فقط إلى ENAN وهو رقم الولوج إلى الشبكة بحسب معيار EIRENE، و عندها تحدد الرقم الوظيفي طبقاً لتوصيف النظام حسب المعيار. أما إذا لم يتم الولوج إلى العقدة باستخدام ENAN فإن متطلبات التخصيص تعتمد على التطبيق الفعلي للشبكة.في حالة الشبكة العامة فإن تخصيص الأرقام يكون بحسب الحالة (١) أعلاه.

٣. الشبكة الخاصة الافتراضية VPN :

إذا كانت الشبكة مصممة على أساس الشبكات العامة و لكنها كشبكة افتراضية فإن السكة الحديدية ستحتوي على بعض المرونة في تحديد الشكل العام المطلوب للترقيم حيث إن المعلومات في هذه الحالة تمرر من خلال الشبكات العامة. و على مؤسسة الخطوط الحديدية من ناحية ثانية التأكد من ترجمة الأرقام إلى التحويلات المناسبة المطلوبة.

٤. تطبيق الشبكة الخاصة:

إذا كانت الشبكة مبنية على أساس الشبكة الخاصة عندها تستطيع السكة الحديدية أن تصمم خطة الترقيم طبقاً لاحتياجاتها الخاصة و لا تتطلب تخصيص أرقام من مشغل الشبكة أو المدير الوطني، حيث إن الشبكتين (الثابتة و المتحركة) هما خاصتان أما إذا كان أحد الأجزاء مصمماً على أساس الشبكة العامة فإن تخصيص الأرقام يكون بحسب (١) ، (٢)، أو (٣) بحسب التطبيق.[8]

٣-١٧-مظاهر التجوال:

توجد طريقتان أساسيتان مدعومتان من الـ GSM-R للتعامل مع حركة القطارات من شبكة وطنية لأخرى:

- التجوال: و يصف قطار مسجل في شبكة GSM-R و يعمل في شبكة أخرى.
- عدم التجوال: و يصف قطار انتقل من شبكة الـ GSM-R التابع لها إلى شبكة أخرى حيث يتم تسجيله فيها بشكل مؤقت.

في حالة التجوال يمكن الاتصال بالقطار من قبل الشبكة الأم (التابع لها) باستخدام الرقم الوظيفي الوطني وحتى بعد عبوره الحدود الدولية.

من ناحية أخرى لكي يستطيع مرسلي الإشارة في شبكة الـ GSM-R التي يتجول ضمنها القطار، الولوج إلى المعدات المتحركة عليه، فإن ذلك سيتطلب استخدام أرقام وظيفية دولية.

- سلبية هذه الطريقة تتمثل في حاجة مرسلي الإشارة للبحث في الشبكات الأم عن القطارات قبل أن يستطيعوا الاتصال بهم، في حالة عدم التجوال يتم تسجيل الهاتف المحمول على القطار في كلتا الشبكتين لمدةٍ محدودةٍ سامحاً بذلك لمرسلي الإشارة في كلتا الشبكتين على الحدود الاتصال باستخدام الأرقام الوظيفية الوطنية.

+ الإيجابية في هذه الطريقة هو إمكانية مرسلي الإشارة الولوج إلى معدات الهاتف المحمول على القطار من دون الحاجة لتحديد الشبكة الأم للقطار.

الأمور المتعلقة بتسليم القطار عند الانتقال من نظام راديوي إلى آخر في كل من الحالتين السابقتين يجب تحديدها من قبل السكة الحديدية و يجب توضيحها في التوصيفات التقنية.

هذه الأمور تتضمن ما يلي:

- موقع الحدود.
- التسجيل و إلغاء التسجيل عند عبور الحدود.
- مضاعفة التجهيزات الموجودة في القاطرات لتتوافق مع كلا النظامين.
- استخدام أنظمة معلومات الموقع و تحرير هذه المعلومات بين الأنظمة عند عبور الحدود.
- العضوية بـ CUG.
- خطة الترقيم الخاصة و ولوج الشبكة الخاصة الافتراضية.
- إجراءات التشغيل من أجل كل من مرسلي الإشارة و السائقين.
- تخطيط و إعداد الشبكة

٣-١٨-اعتبارات الطيف:

أحد أهم المحددات في إعداد شبكة الـ GSM-R هي الطيف المتاح، يكون توضع الطيف في الـ UIC GSM-R كما يلي:

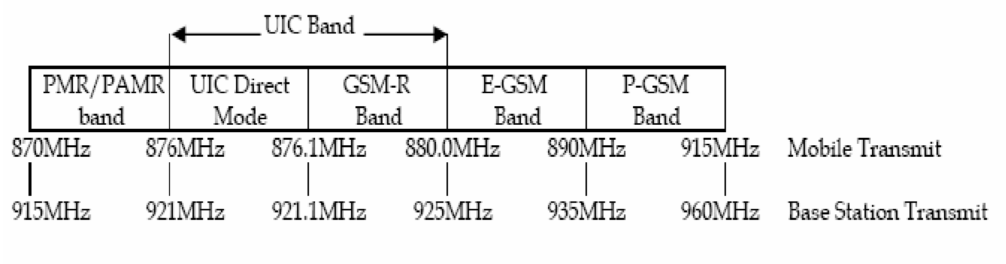
تردد إرسال الهاتف يتراوح بين (876 MHZ - 880 MHZ) للوصلة الصاعدة.

تردد إرسال المحطة القاعدية يتراوح بين (921 MHZ – 925 MHZ) للوصلة الهابطة.

هذا يعادل ١٩ زوج من قنوات التردد القابلة للاستخدام بحيث إن الحزمة المتاحة هي 4 MHz و الفاصل الترددي بين القنوات هو 200 KHz مع ترك مجال لعدم التداخل بين GSM-R و الحزمة الترددية المجاورة . يمكن تعيين تردد الحامل من القيمة المطلقة لرقم قناة التردد الراديوي (ARFCN).

إلى جانب القنوات الـ ١٩، فإن هذا التوضع يتضمن 200 KHZ كحزمة حماية لمنع التداخل بين حزم الـ GSM-R و حزم الـ E-GSM المجاورة في النهاية العليا.

بالإضافة إلى ذلك فإنه يوصى بعرض حزمة يتراوح بين 600 KHZ – 400 كحزمة حماية لمنع التداخل مع خدمات الإذاعات الخاصة و العامة المتنقلة تحت التوضع الطيفي لـ GSM-R و الشكل التالي يوضح توضع الطيف:



الشكل (٣-١١) توضع الطيف

٣-١٩-نظرة عامة حول إعداد التردد و الخلية للـ GSM-R:

تعتبر الجوانب التالية دخل مهم في عملية إعداد التردد و الخلية:

- السعة الراديوية المقدمة من الشبكة لكل موقع.
- دعم جودة الخدمة المطلوبة لكل التطبيقات (و تشتمل على متطلبات التغطية، انقطاعات التسليم، المكالمات الفاشلة، معدلات الأخطاء، الاختفاءات،...الخ)
- اعتبارات إعداد موقع الخلية (مثل: توافر مواقع لبناء المحطات القاعدية، أطوال الأبراج المسموح بها، وجود طاقة احتياطية للاتصال مع موقع الخلية، طاقة الإرسال المسموح بها)
- اعتبارات التشغيل التي تحدد أين يمكن أن تقع حدود الخلايا (مثل: مناطق نداء الطوارئ، مناطق تحويلات السكة، مناطق غرف التحكم....إلخ)
- أنواع التضاريس و المزايا الجغرافية (مثل: الهضاب، الغابات، المناطق المأهولة، الأبنية الضخمة، الأنفاق)
- الترددات المتاحة

عملية إعداد التردد و الخلية تنتج بتوليد معلومات التصميم لكل محطة قاعدية للـ GSM-R:

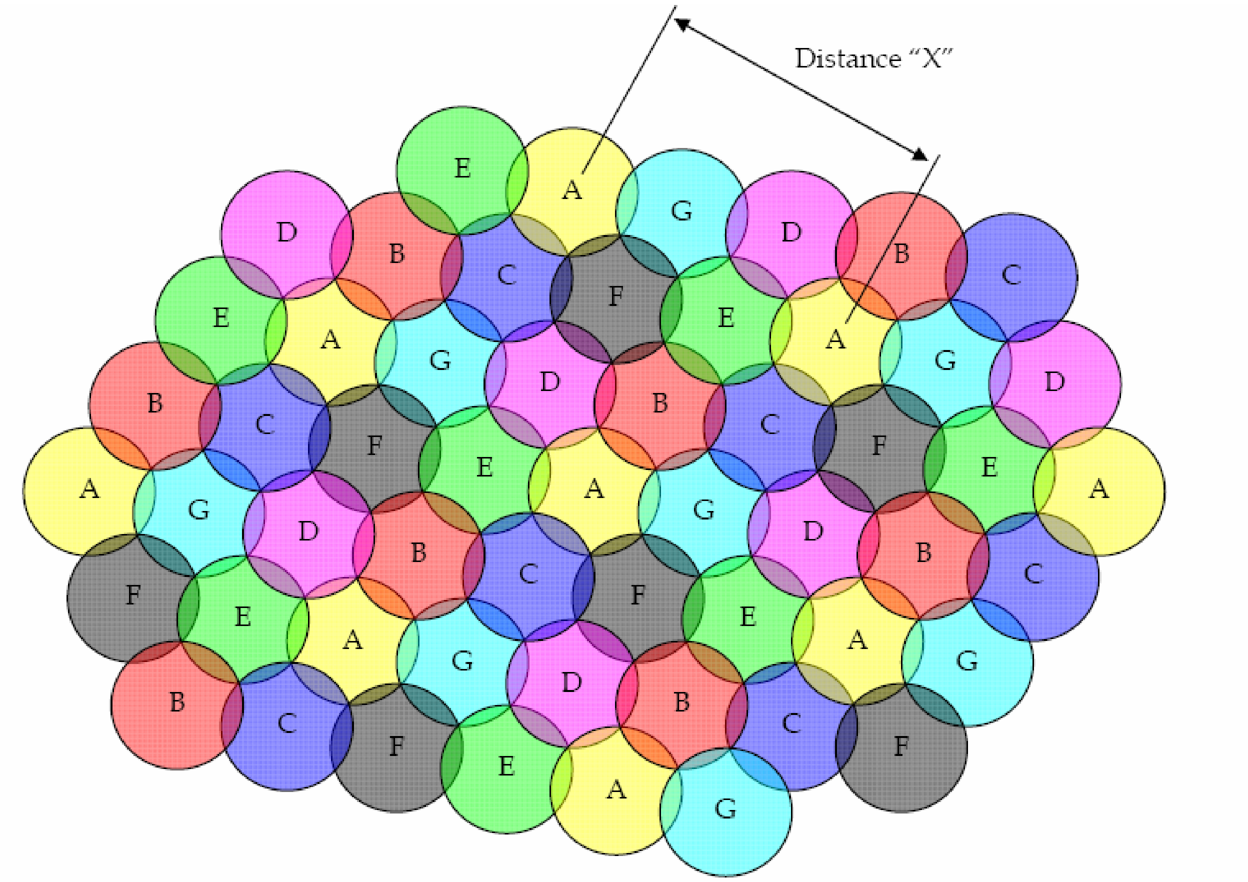
- المكان الجغرافي لكل موقع
- طول سارية البرج
- أنواع الهوائيات و كيفية توضعها
- عملية وضع الأسلاك المطلوبة
- استخدام طاقات الإرسال و الترددات

يجب الملاحظة أن استخدام أدوات التخطيط الراديوية بالاعتماد على الحاسب هو أساسي في عملية إنجاح الإعداد الترددي و الخاوي

تقسم كل قناة ترددية إلى ٨ أجزاء زمنية، يستخدم جزء واحد على الأقل من قبل المحطة كقناة تحكم، و تبقى ٧ أجزاء متاحة للاستخدام كقنوات مرورية لدعم الصوت.

إن زيادة القنوات الترددية عن طريق زيادة TRX لكل محطة قاعدة سوف يزيد ٨ قنوات مرورية.

إذا كانت التغطية مطلوبة في منطقة واسعة مثلاً لتهييء الاتصالات عبر مدينة يوجد فيها العديد من خطوط السكة الحديدية و المحطات، فيمكن استخدام فكرة تكرار التردد كما في الشكل (3-12):



الشكل (٣-١٢) نموذج المحطات السبع

كل دائرة تمثل خلية راديوية مختلفة و الألوان و الأحرف من A – G تحدد سبع مجموعات من الخلايا حيث يتم استخدام نفس الترددات بها.

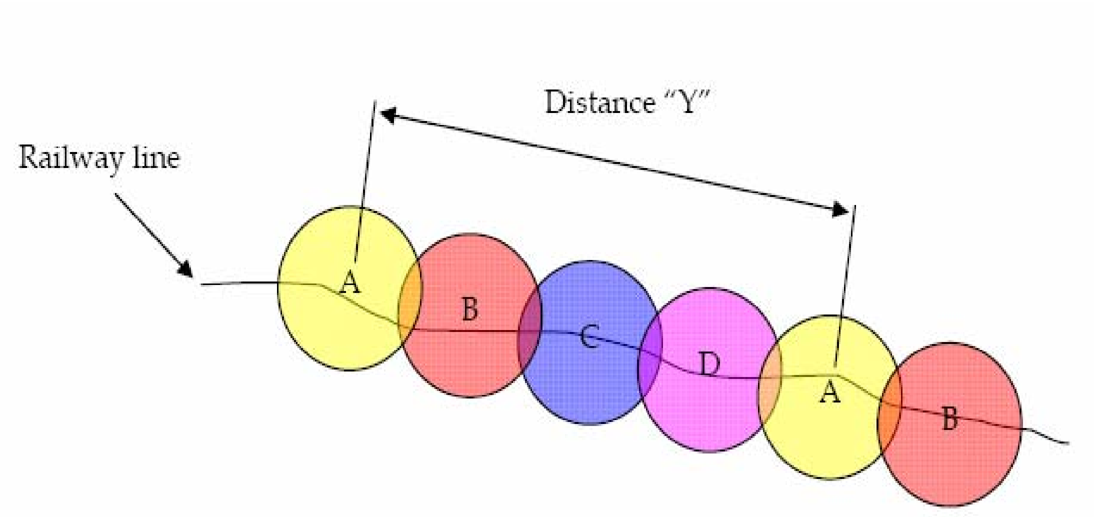
أحد أهم الاعتبارات في تطوير عملية إعداد التردد و الخلية القابلة للتطبيق هو زيادة المسافة بين المحطات ذات نفس الترددات في الإرسال و الاستقبال و إلا سيحدث التداخل بين القنوات التشاركية و بالتالي إنخفاض جودة الخدمة. يمكن للتداخل أن يحدث أيضاً من القنوات

المتجاورة بين الخلايا المتجاورة حيث يجب تخفيض هذا التداخل أيضاً. و لتقديم سعة راديوية و تخفيض التداخل في القنوات التشاركية أو المتجاورة فإن القنوات الـ ١٩ يمكن أن تتوزع بين الخلايا الملونة كما في الجدول:

Cell	Frequency Channels	No of traffic channels (No of signalling channels)
Set A (Yellow)	n = 955, 962 & 969	22 (2) or 23 (1)
Set B (Red)	n = 956, 963 & 970	22 (2) or 23 (1)
Set C (Blue)	n = 957, 964 & 971	22 (2) or 23 (1)
Set D (Magenta)	n = 958, 965 & 972	22 (2) or 23 (1)
Set E (Green)	n = 959, 966 & 973	22 (2) or 23 (1)
Set F (Grey)	n = 960 & 967	15 (1)
Set G (Cyan)	n = 961 & 968	15 (1)

الجدول (٣-٢) توزع الترددات على الخلايا

إن مثال تأمين تغطية لمنطقة واسعة يمكن أن يتناقض مع مثال تأمين تغطية على طول منطقة خطية و هو موضح بالمخطط التالي:



الشكل (٣-١٣) النموذج الرباعي

من الملاحظ في المثال الأعلى أنه يمكن الحصول على مسافات فاصلة أكبر بين الخلايا من نفس النوع باستخدام النموذج الرباعي المكرر حيث إن المسافات في النموذج السباعي أصغر.

بما أنه توجد خلايا أقل في النموذج المكرر بشكل عام فإنه ينتج لدينا عدد أكبر من القنوات التي يمكن تعيينها لكل خلية و بالتالي الحصول على سعة راديوية أكبر.

العوامل التالية تعطي أمثلة عن العناصر التي تحتاج لاهتمام خاص عند الإعداد لعملية التغطية في شبكة الـ GSM-R

- الأنفاق.
- المناطق المغطاة بأعمال إنشائية كالجسور.
- مناطق الانحناءات.
- محطات القطارات.
- التضاريس.
- مناطق التحويلات.
- مناطق نداء الطوارئ.

٣-٢٠-إعداد عملية التشغيل :

إعداد التشغيل حيوي جداً بالنسبة لتصميم شبكة GSM-R ناجحة و يشتمل على العناصر التالية:

- عدد و أنواع التطبيقات التي تكون مدعومة من الشبكة.
- جودة هذه التطبيقات في متطلبات الخدمة.

تستدعي السعة توضّع التطبيقات على النظام الراديوي و هذا يحتاج إلى تقدير من أجل كل موقع خلية لشبكة الـ GSM-R موصى به بناءً على عوامل عدة مثل:

- العدد الأعظمي للقطارات التي يمكن أن تشغُل هذه الخلية.
- حجم مرور البيانات و الصوت المتوقعة من و إلى هذه القطارات.
- حجم التزاحم على الشبكة نتيجة استخدام الأجهزة الأخرى مثل: أنظمة معلومات الزبائن، أنظمة الفحص، ....إلخ المتوقع في هذه الخلية.
- مدى التوسعة المستقبلية.
- مواقع حدود الخلايا.
- تخطيط مناطق شبكة الـ GSM-R، حدود MSC و BSC، و المناطق الحدودية بين الشبكات الوطنية.
- تخطيط احتياجات التشغيل لـ ETCS نظام التحكم بالقطار متضمناً تغطية مناسبة، سعة، جودة الخدمة و دعم تسليمات RBC-RBC .....إلخ.

كل هذه الجوانب على عملية إعداد التشغيل يجب أخذها بعين الاعتبار عند تطوير خطة مناسبة للتردد و الخلية من أجل المنطقة الخاضعة للتحليل.

٣-٢١- أدوات الإعداد الراديوية، الاسقصاءات و النمذجة:

تستخدم أدوات الإعداد الراديوية للحصول على توقعات أكثر دقة عن فقدان المسار، التغطية، و التداخل آخذين في عين الاعتبار بيانات التضاريس و الزحام و الضوضاء للمناطق الخاضعة لعملية التحليل و وجود مواقع محطات قاعدية متعددة.

يستخدم البرمجيات لنمذجة و تطوير التردد و الخلية لمناطق معينة.

تندمج أدوات الإعداد الترددي عادة مع برنامج نظام المعلومات الجغرافي (GIS) لتسمح للمستخدم بعرض بيانات الإعداد الرقمية فوق الحسابات المنمذجة.

ويتضمن عرض الخصائص التالية:

- الخريطة كخلفية مناسبة للعرض في عدة مستويات تكبير.
- شعاع البيانات (على سبيل المثال خط السكة الحديدية، الساحل و الشوارع).
- بيانات مرتفعات التضاريس، بيانات استخدام الأرض، معلومات التوضع.
- خطط المباني و الصور الجوية.
- عرض تغطية الإشارة و التداخل المتوقع ضمن القناة الواحدة أو القنوات المتجاورة فوق الخريطة البيانية السابقة.

٣-٢٢- منهجية التخطيط الترددي:

المشكلة الأساسية التي تحتاج إلى مواجهة خلال عملية تعيين القنوات الراديوية للخلايا المصممة هي التأكد من التوضع و إعادة استخدام أي قناة معطاة من أنه أكبر من الإشارة الراديوية القابلة للاستخدام و أصغر من التداخل المتولد.

كل خطة سوف تحتوي على معدل إشارة/ضجيج مرتبط بها و هو ممثل في البيئة الراديوية على أنه معدل تداخل/ الحامل أو C/I و يقاس بالديسبل(dB).

الجودة الأساسية لخطط التردد يعبر عنه بـ C/I لأي منطقة معطاة.

في المنهجية التالية تم افتراض وجود موقع خلية موصى به، مع ملامح متطلبات قناة مرتبطة مع هذه الخلية، و أيضاً تم افتراض أن أدوات البرنامج المطلوبة لتفعيل و إنتاج المجموعات البيانية المناسبة متوفرة.

عناصر الدخل التالية مطلوبة أيضاً:

- الطيف الراديوي المتاح:

- القيمة المطلقة لأرقام القنوات الترددية الممكن استخدامها
- القنوات المحظورة، قنوات الاختيار، حزم الحماية
- متطلبات معينة أخرى.
- إعداد التردد لجدول الخلايا: متطلبات القنوات و المرسلات.
- نموذج تغطية راديوية مناسب لتجمع الخلايا المأخوذة بعين الاعتبار.

هذه المجموعة قد تكون عدد قليل من الخلايا أو عدة مئات.

التمثيل الاعتيادي لها هو كمصفوفة من الدرجة n (مصفوفة أفضل مخدّم)، نمذجة مستويات الإشارة الراديوية المتوقعة من كل الخلايا القابلة للكشف في المنطقة الحالية في المواقع الجغرافية المنفصلة.

- **جدول تداخل مناسب :**

يتم اشتقاقه من المصفوفة ذات الدرجة n السابقة، وهو تمثيل بقابلية كل خلية للتداخل مع أي خلية أخرى.الاشتقاق من مصفوفة أفضل مخدم يأتي من المناطق المؤسسة معها و المغطاة من كل خلية.

جدول التداخل ليس تقييم لتداخل الحامل، ولكن ببساطة هو مؤشر لإمكانية التفاعل المتبادل بين الخلايا المتداخلة.

- **بيانات التسليم للخلايا المتداخلة:**

-مجموعة بيانات توضح المرور الفعلي للأجهزة المتحركة من خلية لأخرى

- فعاليات التسليم الفيزيائية تمثل بهذه البيانات تستخدم لتؤكد الخلايا المتجاورة التي تم تحديدها نظرياً .

٣-٢٣-المنهجية:

يتم استخدام خوارزمية كلاسيكية و هي تعريف مجموعة من القوانين لإلحاق القناة بشروط جزائية يتم اتخاذها في حال خرق أحد هذه القوانين. و بشكل مبدئي يتم إلحاق القناة بصيغة شبه عشوائية، و يتم نمذجة أو تقييم الخطة الناتجة من حيث الكلفة، و بتطبيق طرق مختلفة بسيطة بعد ذلك، يتم إيجاد إجراء كلفة أصغرية و ذلك بإلحاقات اختيارية للقنوات الراديوية.

بسبب طبيعة المشكلة و بسبب أن الكلفة المحسوبة تم تقييمها على أساس إلحاق القنوات الراديوية، فإن تحديد إجراء الكلفة الأصغرية يتم بشكل دوري و ليس بشكل لحظي.

و بالتالي فإن الجودة النهائية للخطة تعتمد بشكل كبير على عدد التكرارات المسموح بها و أيضاً على جودة قوانين الكلفة الملحقة.

وبما أن قيم الكلفة اعتباطية، يمكن إيجاد مستوى مناسب لتطبيق التدريج المطلوب للأفضلية المعطاة للمسار المفضل لخرق القانون.

التقييم و مؤشرات الأداء:

عند إلحاق القنوات الراديوية للمرسلات الخلوية، واحد منها يكون في موقع لإنشاء مصفوفة معدّل التداخل مع الحامل.

بالنسبة لأدوات الهندسة الشبكية الخلوية، فإنه يمكن إنتاجها بطريقة مشابهة لمصفوفات التغطية و تقييم معدل التداخل مع الحامل عبر المناطق المحددة لدقة معطاة.

بشكل طبيعي، سوف يتم تمثيل هذا على الخريطة، و تحدد مع حزم معينة ٠، ٣، ٦، ١٢، ١٥ dB.

سيتم تخصيص ٩ ديسبل للصوت على الأقل و ١٢ – ١٥ ديسبل لتطبيقات البيانات.

تجب الملاحظة أن التوضع المتجاور للقنوات ينمذج بشكل اعتيادي على أساس C/I ملحقاً قيمة مساوية لـ C/A. في الحياة العملية التداخل ضمن القناة الواحدة له السيطرة، و لكن التداخل الناتج عن القنوات المتجاورة يجب أخذه بعين الاعتبار.

يوجد مؤشران للأداء و هما مهمان و يستخدمان لتمثيل أداء الشبكة بالنسبة للتحكم بالتداخل و هما:

- نسبة التداخل مع الحامل(C/I): و قد تم الحديث عنه سابقاً و يمثل بقطع الأرض الجغرافية في الحزم المعرفة مسبقاً. عند تطبيق إعدادات جديدة فإن هذا التطبيق هو المؤشر الوحيد للأداء
- جودة الإشارة المستقبلة: عند تحميل إعدادات التردد إلى شبكة معطاة، فإن النظام الفرعي للمحطة القاعدية (BSS) يستطيع الكشف عن التداخل في الوقت الحقيقي.

الفصل الرابع:تحسين نظام GSM-R

يجب على GSM التعامل مع مستخدمين يتحركون بسرعات أعلى من السرعات المسموح بها. حيث إن هذه الشبكة مصممة نظرياً لكي تعمل على سرعات لا تتجاوز ٢٥٠كم\سا و لكن كما هو معروف أضحت السرعات المسموح بها للقطارات تصل حتى ٥٠٠كم\سا و بالتالي على النظام أن يكون قادراً على العمل بشكل جيد تحت متطلبات السرعة العالية.

- يحتاج مدير الحركة المسؤول عن منطقة معينة لتقنية معينة تعينه على تحديد وضع الاتصال، حيث إن بعض الاتصالات يجب أن تشمل القطارات كافةً التي تتحرك في منطقته لإعلامهم بحدث مهم (على سبيل المثال مشكلة في الخط الحديدي المشترك فيما بين القطارات). تدعى هذه الميزة وضعية المكالمة الصوتية الجماعية VGCS، و خدمة البث الجماعي الصوتي VBS. الميزة الأولى VGCS تعطي الطرف المستقبل حرية استقبال أو رفض المكالمة.
- أولويات المكالمات، إعطاء أولويات مختلفة للمكالمات اعتماداً على أهميتها و كونها مكالمة للطوارئ ذات أهمية قصوى(من عمال صيانة السكة الحديدية) أو فقط مكالمة روتينية ذات أهمية دنيا(حالة الطقس، مكالمات المسافرين لحجز بطاقات، مكالمات الاستعلامات، الخ...). من المهم التأكيد أن مكالمات الطوارئ و الصيانة هي المكالمات ذات الأولوية العظمى.
- تحديد رقم هاتف للقطار يمكن من خلاله التواصل ما بين المحطة و القطار،...الخ. حيث يجب أن يتم استنتاج الرقم اعتماداً على وظيفة و موقع القطار و أن يكون نظام العنونة متكيفاً مع الوضع الحالي للقطار. يحمل هذا المتطلب أهمية عالية نظراً لاختلاف المهمة التي يقوم القطار بتنفيذها و اختلاف عدد القاطرات و قضايا أخرى جوهرية يمكن أن تختلف ما بين ليلة و ضحاها تتعلق باستيعاب عدد الركاب أو حجم البضائع المطلوب نقلها في المحطات الرئيسية أو الفرعية. وبالتالي يمكننا اعتبار أنه لا يوجد علاقة أبدية ما بين القاطرة الرأسية و القاطرات الأخرى حيث تتغير بنية القطار بشكل يومي و عليه يجب أن يعتمد الرقم التعريفي على المسار أو الخط الذي يعبره القطار في الوقت الحالي و ليس على القاطرة الرئيسية أو القاطرات الفرعية الأخرى.

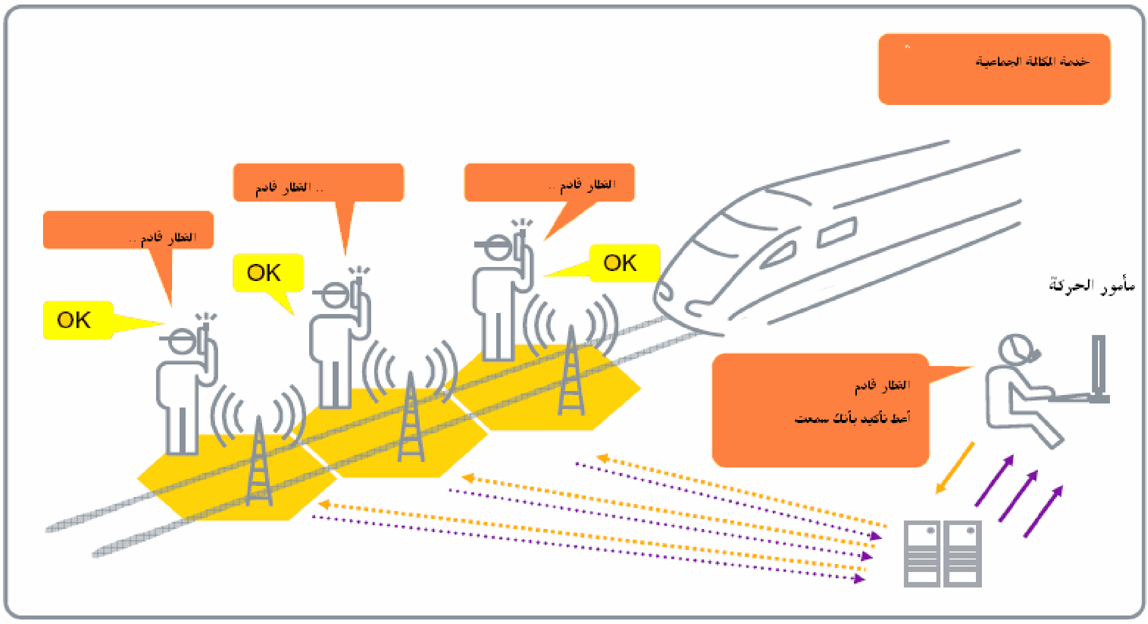
٤-١- أهم الميزات الخاصة التي تحسن أداء GSM-R بمـا يـتلاءم مـع المتطلبـات الخطوط الحديدية هي مزايا ASCI:

٤-١-١-المكالمات الجماعيةVGCS:

كما هو موضح بالشكل(٤-١)

- يتم تعريف المنطقة الجماعية.
- يؤسس مأمور الحركة الاتصال ضمن منطقة المجموعة المحددة .
- يتم بث الكلام إلى كافة المستخدمين.
- يقوم المستخدم بالتأكيد عن طريقPTT(اضغط لتتحدث).
- يتم تعيين منطقة المجموعة بواسطة الخلايا.
- يتم إعطاء GID(تعريف المجموعة) إلى المشترك في HLR(السجل الدائم في MSC).
- يتم تخزينها على SIM المشترك .

و يتم إنشاء المكالمة GCA+GID [7]



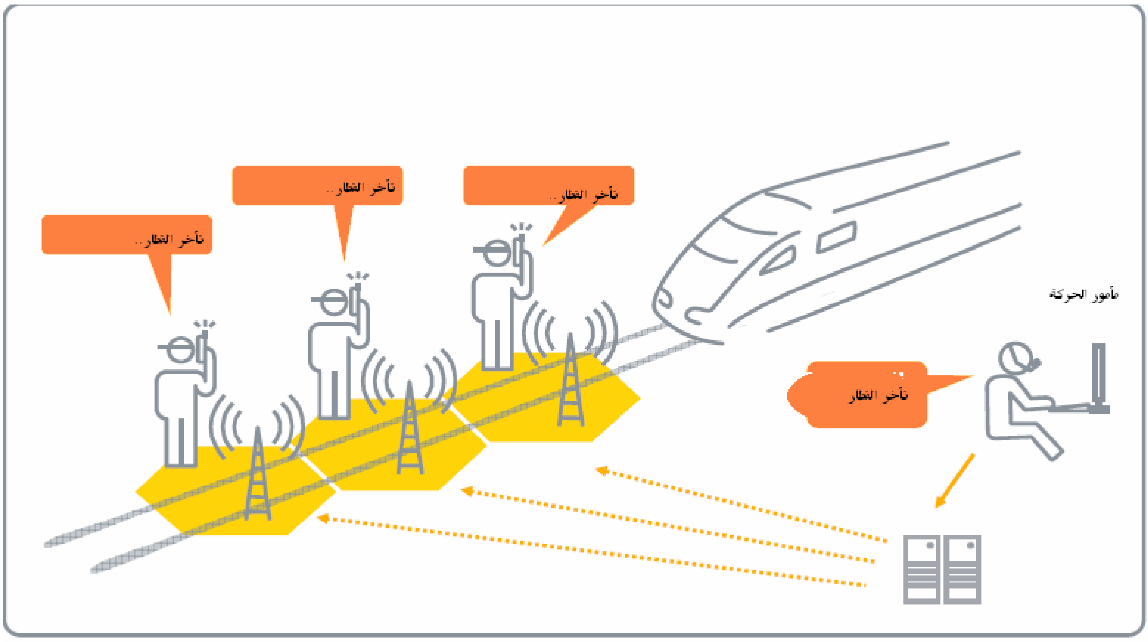
الشكل(٤-١) المكالمات الجماعية

٤-١-٢-مكالمة البث باتجاه واحد:VBCS

كما هو موضح بالشكل(٤-٢)

- يتم تعريف المنطقة بشكل مسبق.
- يؤسس مأمور الحركة الاتصال ضمن المنطقة .

- يتم بث الكلام إلى كافة المستخدمين في المنطقة.
- لا يقوم المستخدم بالتأكيد .



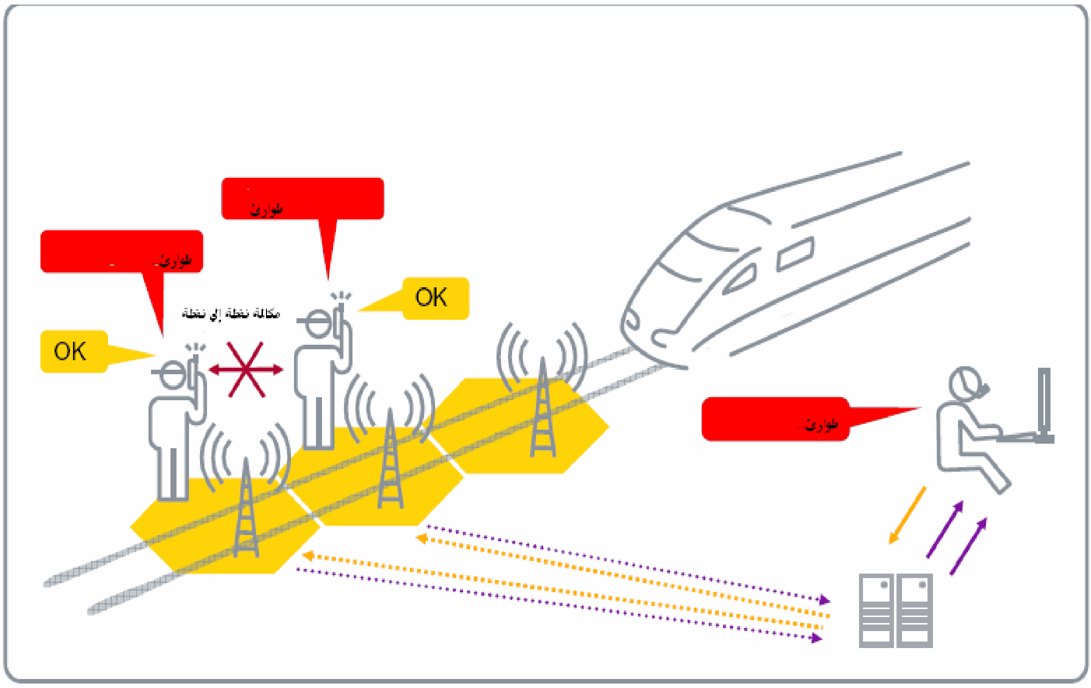
الشكل(٤-٢) مكالمة البث باتجاه واحد

٤-١-٣-المكالمة ذات الأولوية المحددة مسبقاً:eMLPP

كما هو موضح بالشكل(٤-٣)

- إذا كان المشتركان يقومان بإجراء مكالمة (نقطة إلى نقطة).
- يؤسس مأمور الحركة مكالمة طوارئ في منطقة المجموعة .
- يتم قطع المكالمة الحالية و إجراء مكالمة الطوارئ REC.
- هناك نقاط أساسية تميز المكالمات ذات الأولوية:
  - إجابة آلية تعتمد على الأولوية.
  - قطع الاتصال في الشبكة:في حال كانت جميع القنوات مشغولة فإنه يتم قطع المكالمة ذات الأولوية المنخفضة لتحرير مجال للمكالمة ذات الأولوية الأعلى.
  - أولوية المشترك:يتم تعيينها في HLR بأولويات محددة بالمستويات ٠-٤
  - يتم تحديد زمن سريع لتأسيس المكالمة لمكالمة الطوارئ REC أولوية رقم (٠) [7]

و الجدول(٤-١) يظهر المكالمات ذات الأولوية كما تم تحديدها من قبل EIRENE



الشكل(٤-٣) المكالمات ذات الأولوية

الجدول(٤-١) الأولويات كما تحديدها في مواصفات EIRENE

الأولوية حسب UIC	إجابة آلية	ترتيب الأولويات	قطع المكالمة
مكالمة الطوارئ	نعم	٠	أمر مأمور الحركة (أمان)
أمر مأمور الحركة (أمان)	نعم	١	طوارئ عامة و مكالمة جماعية بين سائقين في نفس المنطقة
طوارئ عامة و مكالمة جماعية بين سائقين في نفس المنطقة	نعم	٢	اتصالات تشغيلية: مكالمات بين سائقين و مأمور الحركة-أمر مأمور الحركة(معلومات)
اتصالات تشغيلية: مكالمات بين سائقين و مأمور الحركة-أمر مأمور الحركة(معلومات)	نعم	٣	معلومات و مكالمات أخرى
معلومات و مكالمات أخرى	لا	٤	-

- دعم جهاز الخلوي المستخدم لميزة اضغط للتحدث و ذلك من اجل اتصالات الطوارئ التي لا تحتاج إلى تدخل المحطة الخلوية الأساسية في الاتصال.

حيث إن هذه الأجهزة خاصة بالاستخدامات في الخطوط الحديدية كما يجب أن تتمتع بالميزات التالية:

- متوافقة مع متطلبات EIRENE
- مصمم ليناسب الأماكن الصغيرة
- يتحمل الظروف الجوية و ظروف العمل الصعبة
- بطريقة سهلة لاستخدام الكادر الفني و تطبيقات GSM-R المختلفة

و الأشكال التالية تبين بعض هذه الأجهزة



الشكل(٤-٤) التجهيزات المستخدمة في القطار

الشكل التالي يبين كيفية تثبيت التجهيزات في القاطرة :



الشكل (٤-٥) تثبيت التجهيزات في القاطرة

حيث:

- يتم تثبيت الجزء الخاص بالسائق أمامه في عربة القيادة .
- أما الهوائي و باقي القطع فتثبت على سقف القطار و هي مصممة بحيث يمكن نزع الجزء اللازم لعملية الصيانة بطريقة سهلة.



الشكل (٤-٦) التجهيزات المحمولة باليد



الشكل (٤-٧) هناك أجهزة خاصة لكل عملية

إضافة إلى بعض المقترحات لتحسين عملية التسليم عن طريق BALISE بشكل أسرع من GSM العادي.

إن التعديلات السابقة تخدم متطلبات مشغلي السكك الحديدية و لكنها تحتاج إلى بعض التعديلات الأخرى لزيادة أمن الاتصال، حيث سيتم إضافة متطلبة نظام التحكم بالقطارات إلى شبكة الاتصالات و هو نظام TCS.

بحيث إنه إذا انقطع الاتصال، لسبب ما مع القطار ،عندها سيقوم القطار بالتوقف مباشرة بشكل طارئ. لذا يجب أن يبقى احتمال حدوث فقدان للاتصال صغيراً إلى أبعد حد. حيث يطلب معظم مشغلوا القطارات الدوليون معايير عالية من الموثوقية تصل حتى نسبة ٩٩,٩% كاحتمال استقبال و ٩٥% كاحتمال تغطية خاوية على مسار القطار.

و هناك إضافة إلى المشاكل الرئيسية في عبور الحدود :

- أنظمة الاتصالات المختلفة بين البلدين .
- قواعد التشغيل المختلفة لهذه الأنظمة.

- بارمترات السكة مختلفة بين البلدين.
- أنظمة التحكم بالقطارات المختلفة.

وبالتالي:

- أوقات انتظار في المحطات الحدودية لأسباب فنية.
- غالب الأحيان تبديل القطارات.
- ضرورة تواجد أنظمة مختلفة للتحكم بالقطارات في القاطرة الواحدة.
- انخفاض مستوى السرعة و الأمان لعدم وجود نظام التحكم المطلوب.

4-٢- لذلك كان لا بد من تطبيق نظام RTMS نظام إدارة حركة القطارات:

و هو عبارة عن دمج نظامي اتصالات و نظام التحكم بالقطار و هما:

GSM-R لنقل الاتصالات والمعطيات.

TCS:موائمة واحدة بين نظام التشابك و العربات.

- **المكونات الرئيسية لنظام RTMS/TCS:**

RADIO:وهو نظام GSM-R

BALISE:هي كلمة فرنسية تعني المنارة ،وهي عبارة عن قطعتين إحداهما تثبت على الخـط الحديدي بمسافات مدروسة و الأخرى على القاطرات ،وتؤمن نقل المعطيات بين الخط الحديدي و القطار.

CAB:توجد فيها المكونات اللازمة ل BALISE,RADIO إضـافة إلـى نظـام الإشـارات الموجود في العربة.

- **الهدف الرئيسي لنظام TCS هو:**

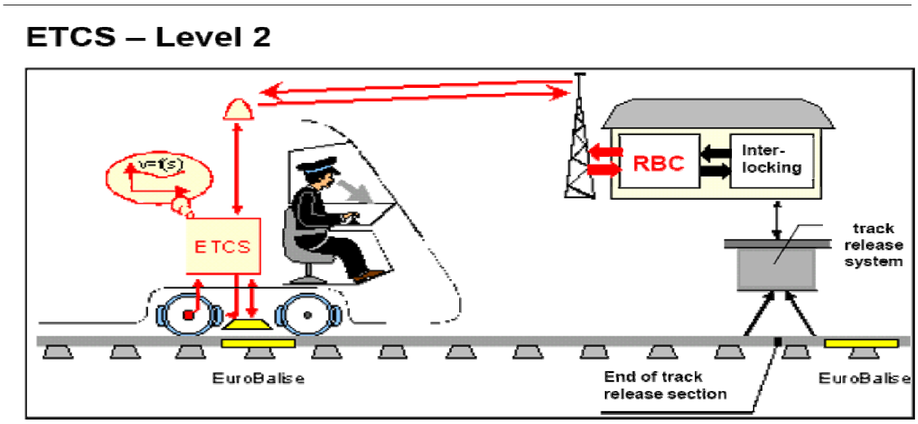
-قابلية التشغيل المشترك

-الاستخدام الأمثل للسكة من خلال إبقاء المسافات بين القطارات بحدود الأمان[5]

و هناك مستويان لهذا النظام يتم استخدامهما حسب الهدف المطلوب:

4-٢-١-نظام ETCS 2:

كما هو موضح بالشكل(٤-٨)



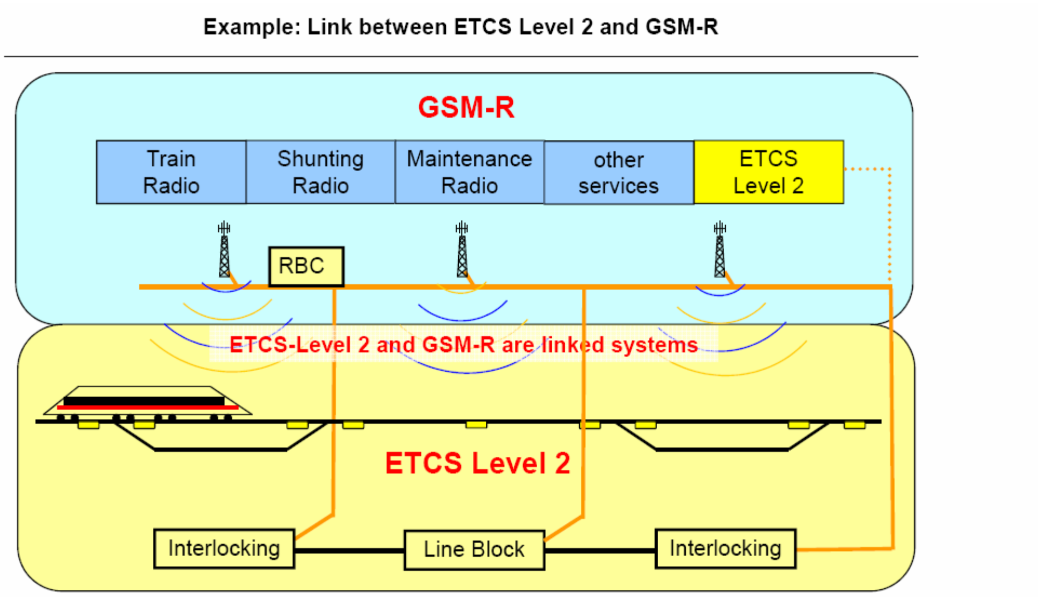
الشكل(٤-٨) نظام ETCS 2

- تشغيل القطار عبر Cabsignalling عن طريق موائمة (رجل-آلة) MMI
- بث مستمر في كلا الاتجاهين من RBC عبر GSM-R إلى القطار
- تحكم متواصل بالسرعة
- الإشارات على طول الخط تبقى موجودة بشكل اختياري
- مناسب للسرعات العالية
- يتم تقسيم الخط إلى مقاطع
- يتم تتبع موقع القطار عن طريق دارات الخط و عداد المحاور مع الفحص الكامل

إن نظام ETCS هو نظام قابل للتشغيل المشترك و يعتبر نظام GSM-R هو القاعدة الأساسية لنظام ETCS 2 المستوى الثاني. [3].

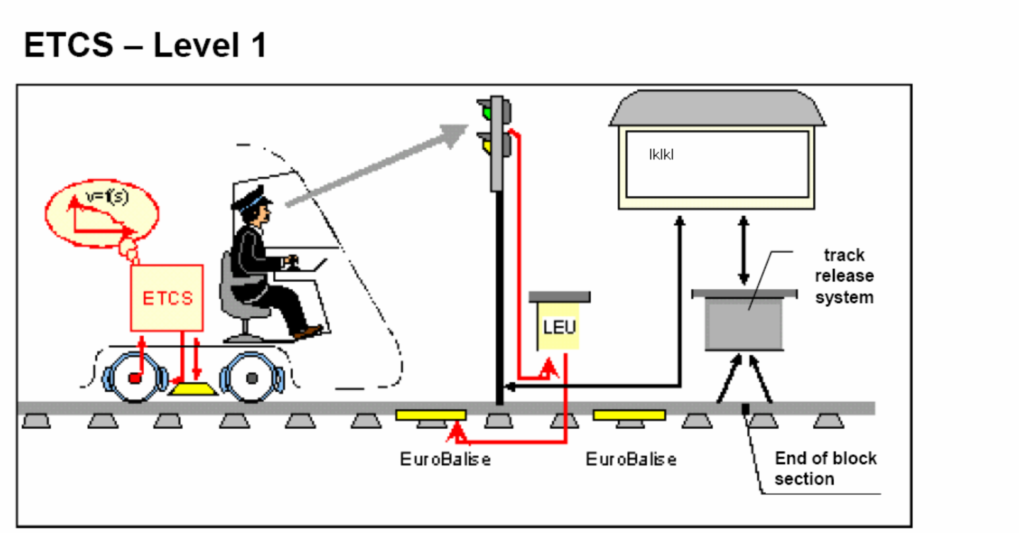
- **المزج بين نظامي ETCS 2 و نظام GSM-R:**

كما هو موضح بالشكل(٤-٩) فإن ETCS 2 و GSM-R يكونان نظامين مترابطين بحيث يتم إرسال مستمر للمعلومات عن طريق الوصلة الراديوية و التحكم مستمر بالسرعة إضافة إلى إن الإشارات يمكن أن تبقى بشكل اختياري فالشرط الأساسي لتطبيـق ETCS2 هـ و وجود نظام GSM-R الذي يقوم بنقل متواصل للمعطيات في كلا الاتجاهين.



الشكل (٤-٩) المزج بين نظامي GSM-R و ETCS2

٤-٢-٢-نظام ETCS1:



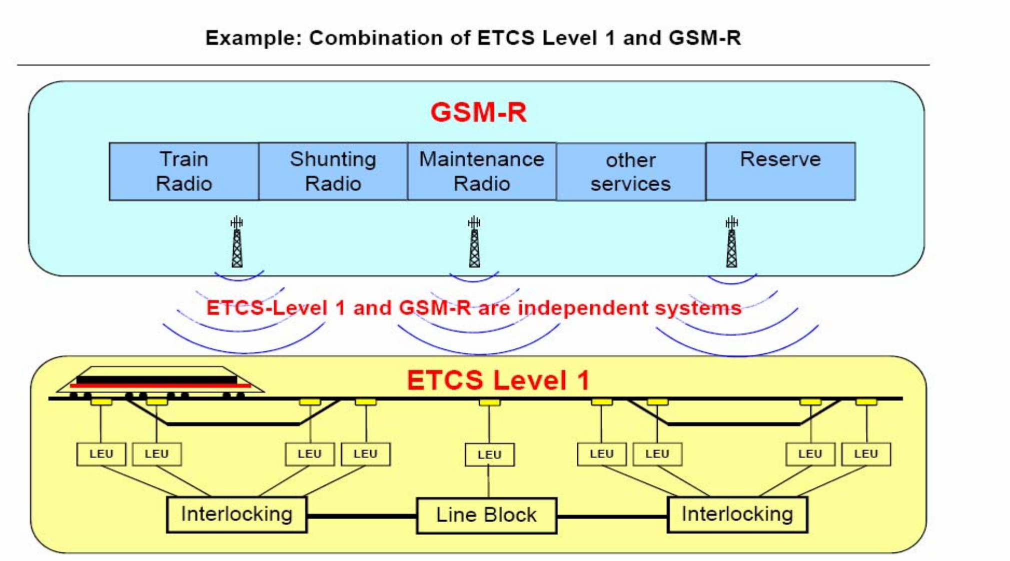
الشكل(٤-١٠) نظام ETCS1

كما هو موضح بالشكل (٤-١٠)

- يتم تشغيل القطار بالاعتماد على الإشارات على طول الخط الحديدي
- بث غير مستمر للمعلومات وحيد الاتجاه من BALISEإلى القطار
- تتم إدارة منحنيات الإلجام عن طريق أجهزة الكومبيوتر و مواصفات مبرمجة مناسب فقط للسرعات حتى 160KM/H

- **المزج بين نظامي ETCS 1 و نظام GSM-R :**

- كما هو موضح بالشكل (٤-١١) فإن نظامي ETCS 1 و GSM-R يكونان نظامين منفصلين و يتم بث مؤقت للمعلومات فقط في مواقع الBALISE و التحكم شبه دائم بالسرعة إضافة إلى أن الإشارات يجب أن تبقى [3]



الشكل (٤-١١) المزج بين GSMR و ETCS 1

الفصل الخامس :دراسة تطبيق نظام GSM-R على محور طرطوس-اللاذقية

التصميم العملي

تم اختيار محور طرطوس – اللاذقية كنموذج لتطبيق نظام GSM-R:

عملية إعداد التردد و الخلية تنتج بتوليد معلومات التصميم لكل محطة قاعدية لـ GSM-R:

-المكان الجغرافي لكل موقع.

-طول سارية البرج.

-أنواع الهوائيات و كيفية توضعها.

-عملية وضع الكابلات المطلوبة.

-استخدام طاقات الإرسال و الترددات.

بعد الانتهاء من الدراسة النظرية و الحسابات الرئيسية للنظام و اختيار المواقع الرئيسية لتوضع (BTS,BSC,MSC) تبدأ عملية التنفيذ و التي تبدأ بإنشاء الأبراج و قواعد الأبراج

٥-١-اعتبارات تصميم الشبكة:

وفق الدراسة الميدانية التي قمت بها و مراجعة المديريات المختـصة فـي المؤسـسة العامـة للخطوط الحديدية السورية تمكنت من الحصول على المعطيات التالية حسب معطيات مـديريات الحركة و المنشآت الثابتة و مديرية الإشارات و الاتصالات:

- إن طول الخط بين محطتي طرطوس – اللاذقية هو عبارة عن ١٠٠ كم
- عدد القطارات ٤ قطارات ركاب +١٢ قطار شحن
- عدد الممرات السطحية: 15
- عدد الأجواق:١١ وفي كل جوق 5 عناصر
- المناورة :١١ مأمور حركة
- نظراء المحطات ١١
- مديرون +معاونون :٤

العدد الكلي ١٢٨ مع احتمال مشاركات(آليات الخط)

بناء على الدراسة الميدانية تبين عدم وجود تضاريس مرتفعة على محور طرطوس- اللاذقية و بالتالي أخذت الاعتبارات التالية حسب الدراسة الميدانية و شروط EIRENE

- متوسط ارتفاع الهوائي يجب أن يكون على الأقل 30 m فـوق سـطح الأرض
- في المواقع المقترحة يوجد خط نظر لا توجد عوائق مباشـرة تقطـع الإشارة RF
- هوائي اتجاهي (65º,17 dBi)
- الفقد الأعظمي لكابل التغذية يجب ألا يتجاوز 3dB
- الطاقة المشعة عند الهوائيات يجب أن تكون علـى الأقـل 53 dBm EIRP كل TRX
- المستوى الأصغري للتغطية المناسبة يجب أن تكـون≤ dBm 87- و ذلك لتطبيق ETCS المستوى (٢)

٥-٢-الحسابات العملية:

- نفرض:

نصف قطر الخلية R=5 Km

عامل تكرار استخدام التردد K=4

- فتكون المسافة الواقية حسب المعادلة التالية و هي المسافة بين الخلايا التي تستخدم نفس التردد :

المسافة الواقية $D=R(3K)^{1/2}$.......(5-1)

D=17,32 Km وهي المسافة بين أقرب خليتين تستخدمان نفس التردد.

مساحة الخلية $S=2.6R^2$ ....(5-2)

$S=2.6(5)^2 = 65Km^2$

عدد الخلايا اللازمة لتغطية الخط نقسم طول الخط وهو (100Km)على قطـر الخليـة و هـو (10Km)، فيكون لدينا 100÷10=10 خلايا

مساحة منطقة الخدمة $S_{MSC} = 10x65\ Km^2 = 650\ Km^2$

نصف قطر منطقة التغطية :من العلاقة (5-2) نجد:

R_{MSC} =15,81Km

إن عرض حزمة النظام هي 4MHz
876-880 MHz
921-925 MHz مع فاصل 200 KHz و بالتالي فإن عدد القنوات في كل خلية هو 4/19=4

كل قناة راديوية تخدم ٨ مشتركين و بالتالي فإن عدد المشتركين في كل خلية هو:
في حال استخدام التركيب O2 سيكون لدينا 2TRX أما وفق S22 سيكون لدينا 4TRX
وبالتالي فإن عدد المشتركين هو:
وفق S22: مشترك في كل خلية (كل BS) 4x8=32
وفق O2: مشترك في كل خلية 2X8=16
حمولة النظام = حمولة BS xعدد BS's
32x2=64 مشترك وفق S22
8X16=128 مشترك وفق O2
64+128=192 مشترك

٥-٣-النتائج التي تم التوصل إليها:

- نصف قطر الخلية الواحدة :R=5Km
- مساحة الخلية الواحدة 65Km2
- عدد الخلايا 10
- عدد BS's 10يختلف توزيعها حسب الكثافة حيث نستخدم :8 وفق التركيب O2
  2 وفق التركيب S22
- عدد القنوات الكلي ١٩ قناة

٥-٤-حساب موازنة الوصلة (link budget):

و هي ضرورية لضمان أقل مستوى إشارة يؤثر في حساسية المستقبل و يتم حسابه لكل TRX و يأخذ جميع الضياعات و الربح في النظام بعين الاعتبار
يتم حسابها عن طريق جميع المعاملات المرافقة للوصلة الصاعدة و transceiver و الوصلة الهابطة و يتم حسابها على قسمين مرة للوصلة الصاعدة و مرة للوصلة الهابطة:

- **حسابات الوصلة الهابطة down link :**

١. يتم حساب **BTS EIRP** و هي الطاقة الفعالة التي تصدر من هوائي محطـة القاعدة

تكون BTS EIRP:
BTS EIRP=استطاعة الإرسال من محطة القاعدة +كابل التغذية +ربح الهوائي +ضـياع الوصلات الداخلية +ضياع مرشح المرسل
حيث إن الربح موجب و الفقد سالب

٢. حساب الإشارة الدنيا المسموحة للاستقبال في المحطة المتنقلة Min Rx signal
Min Rx EIRP=حساسية المستقبل +فقد كابل التغذية +ربح الهوائي+ضـياع هوامش التداخل +ضياع هوامش التخامد+ضياع إزاحة دوبلر

-حيث إن الفقد بسبب الجسم في الإشارة المستقبلة يحدث بسبب وجود المحطة المتنقلة قريبة من الجسم و عادة ما ينطبق على الأجهزة المحمولة باليد
-هامش التداخل يحسب من أجل مستوى الضجيج المرتفع للمستخدمين المتوضعين فـي خلايـا أخرى
-موقع الهوائي(تركيبه)يحدد التخامد بسبب وضع الهوائي غير المثالي بسبب وجود قطع أخرى على سطح القطار.
-fast fading margin يحدث بسبب حركة الموبايلات البطيئة
-حساسية المستقبل بسبب إزاحة دوبلر التي تحدث بسبب الحركة السريعة للموبايلات.
إن الحساسية الدنيا للإشارة المستقبلة = حساسية المستقبل – مجموع الربح و الضياعات
إن حساسية الإشارة المستقبلة الدنيا المسموح بها يجب أن تكون أقل (أكثـر سـلبية ب dBm) حسب ماهو محدد في EIRENE و إلا فإن المحطة المتنقلة لن تكون مناسبة للعمل في شبكات GSM-R.

٣. فقد المسار الأعظمي Maximum Pathloss

هو عبارة عن الفرق بين EIRP المحسوبة و إشارة Rx الأصغرية .

- **لحساب link budget الوصلة الصاعدة:**

١. نحسب EIRP للمحطة المتنقلة و هي الطاقة الفعالة التي تصدر من هوائي المحطة المتنقلة
٢. الإشارة المستقبلة المسموحة الأصغرية في BTS
٣. فقد المسار الأعظمي هوالفرق بين EIRP للمحطة المتنقلة و الإشارة الأصغرية Rx في BTS.

- **التغطية :**

بالنسبة للهوائيات المستخدمة على سقف القطار يستخدم هوائي إيزوتروبي بربح (0dBi)

شروط EIRENE:

-احتمال التغطية ل 95%بمستوى (98 dBm-)للصوت والمعطيات غير المتعلقة بالأمان
-احتمال التغطية ل 95% بمستوى (95 dBm-) للخطوط المجهزة ETCS المستوى ٢،٣ والسرعات الأقل أو تساوي 220Km/h
و هذه القيم يجب أن تكون أكبر أو تساوي تلك القيم مع مراعاة أن أكبر قيمة للخسارة هي 3dB بين الهوائي و المستقبل و هامش إضافي (3dB) لعوامل أخرى.

٥-٥-تصميم الشبكة :

يتميز نظام GSM-R بالكلفة العالية للبنية التحتية لذلك تعتبر الاستفادة من البنية التحتية المتوفرة من أهم المطالب أثناء عملية التصميم .
لذلك من أهم ميزات اختيار محور طرطوس - اللاذقية هي الاستفادة من الكابل الضوئي الذي تم تمديده على طول هذا المحور
و تتألف الشبكة من العناصر التالية:
1MSC في طرطوس
1TRAU متوضع مع MSC
1BSC متوضع مع MSC و TRAU
8 BTS حسب O2
2 BTS حسب S22

تتوزع BTS حسب الدراسة وفق النقاط الكيلومترية الموزعة على طول محور طرطوس- اللاذقية

و توضع MSC في محطة طرطوس حيث يوجد فيها CEIS و هو مركز التحكم بالإشارات كما تبين سابقا من توزع عناصر الشبكة بأنه يتم استخدام خلايا مركبة في تصميم الشبكة (أي نوعان من BTS)

٥-٥-١-تصميم SSS:

يتم تضمين كافة العناصر الMSC/VLR/HLR/ في عقدة واحدة و بالتالي يتم القيام بجميع وظائف التبديل و الوصل مع عناصر الشبكة كافة.

- موائمة A:وهي الموائمة التي تنقل المعلومات و الإشارات بين عنصر التبديل و عناصر BSS عبر خطوط (2 Mbit)
- يتم الوصل بين TRAU و BSC عبر خطوط (2Mbit)
- موائمة PABX:هي موائمة PRI قياسية (E1 EDSS1)
- يتم وصل الموجه مباشرة إلى MSC عبر وصلة PRI ISDN أي (E1 EDSS1)
- Craft terminalتوصل مباشرة إلى MSC عبر وصلة ETHERNET 10/100

٥-٥-٢-تصميم قسم BSS:

يتألف قسم BSS من رف: 1TRAU,1BSC,10BTS

يتوضع BSC، TRAU مع MSC

يؤمن TRAUخط E1 باتجاه (A-IF) MSC

خط E1 باتجاه (A sub IF) BSC

يتم وصل BSC مع BTS على شكل حلقة مما يضمن أنه في حال فشل الوصل بين BSC و أحد BTSفإن الإرسال من القسم الثاني للحلقة لا يزال ممكنا.

- **تركيبBTS:**

هناك نوعان ل BTS

٥-٥-٢-١-تركيب O2:

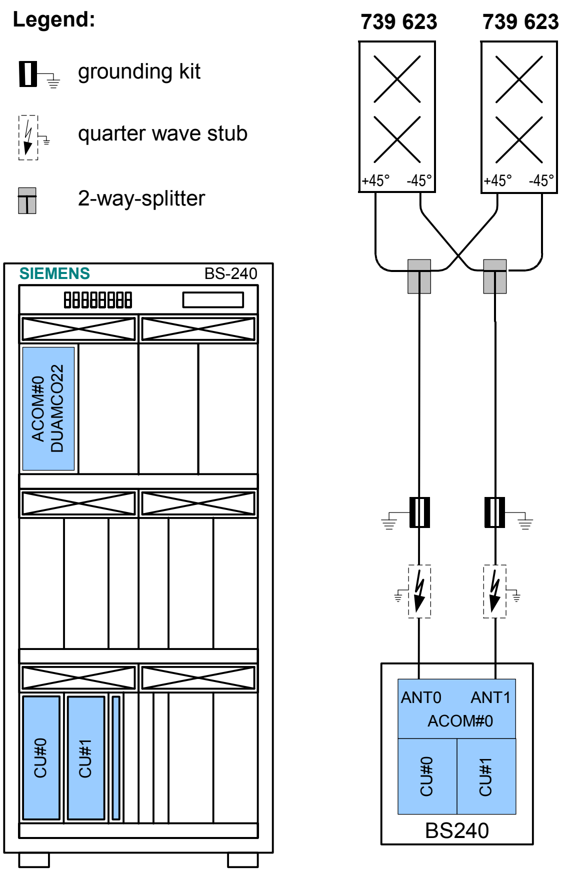
وهي الطريقة الأكثر شيوعا لتغطية الخطوط الحديدية تضم 2TRX بحيث إن الهوائيين يتحدان في Splitter باتجاهين في خلية واحدة.

يبث الهوائيان الإشارة نفسها باتجاهين متعاكسين .

إن هذا الوضع:

- يخفض عدد عمليات التسليم على طول الخط الحديدي كما
- يخفض عامل إعادة استخدام التردد
- يقلل كلفة وحدات TRX إضافية بحيث يؤمن وفرة TRX لأننا نستخدم لكلا الهوائيين 2TRX بدلاً من أربعة.

حسب الشكل(٥-١) نلاحظ كيف يتحد كل TRX من أحد الهوائيين مع الطرف المقابل له كـي نحصل على 2TRX في النهاية يتوضَعان في BTS.



الشكل (٥-١) نموذج O2

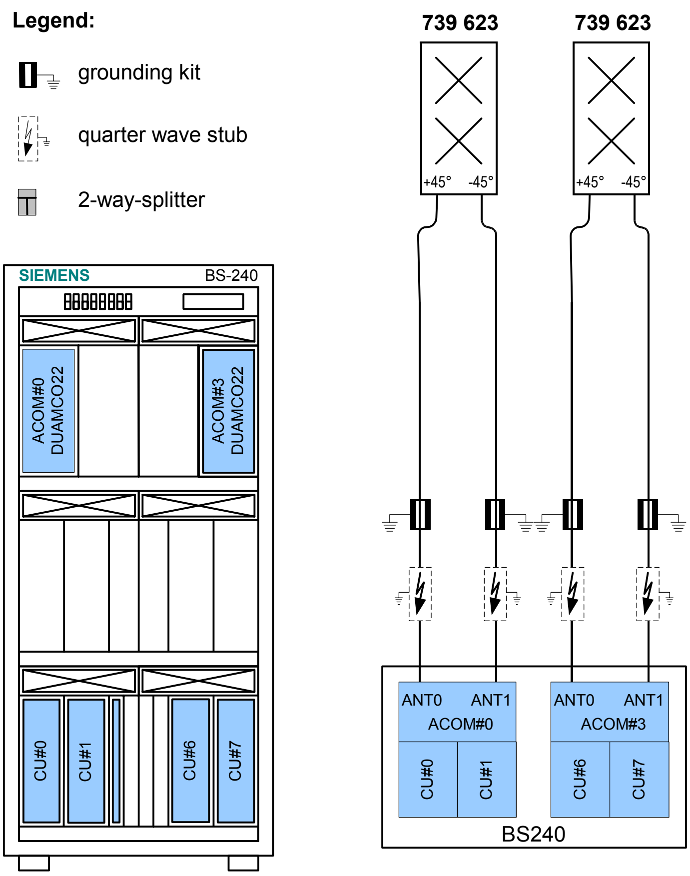
٥-٥-٢-٢-تركيب S22:

يضم 4TRX، قطاعين، هوائيين مستقطبين و هذا التركيب يرفع معدل الخليـة بمقـدار 3dB مقارنة مع التركيب O2 ، إن سيئة هذا التركيب

- هي زيادة عدد عمليات التسليم مما يقلل من إنجاز الشبكة عندما تزداد السرعة و كـون هذا الشكل موجود فقط في أماكن العقد بحيث تكون السرعة منخفضة نوعا ما فلا تعتبر هذه مشكلة
- كما يزداد عامل إعادة استخدام التردد لأننا في هذه الحالة نستخدم لكل هـوائي تـردد مختلف عن الآخر مما يزيد من احتمال حدوث التداخل.
- كلفة التركيب أكثر

لذلك فإن هذا التركيب ينصح به عادة في الأماكن التي تحتاج إلى سعة أكبر.

حسب الشكل (٥-٢) نجد أن TRX من كل هوائي تكون مستقلة عن الآخر بحيـث نحـصل على 4TRX تتوضع في BTS



الشكل (٥-٢) نموذج S22

٥-٦-اعتبارات عملية التسليم :

إن عملية التسليم تحدث عندما ينتقل المتحرك أثناء المكالمة من خليـة إلـى خليـة و بمـا أن القطارات تتحرك بشكل مستمر على طول الخط الحديدي فإن عمليات التـسليم تحـدث بـشكل متكرر.

إن عملية التسليم حرجة جداً في نظام GSM-R و ذلك بسبب الوفرة و الوثوقية العالية المطلوبة من الشبكة لأن الموضوع يتعلق بأمان السير وفيه نقل للمعطيات التشغيلية وليس مجـرد نظـام اتصالات صوتية و السرعات العالية التي يمكن للقطارات أن تبلغها.

لذلك يجب التنبؤ بتجاوز الخلايا بشكل ملائم.

إن منطقة التسليم (HO) يجب أن تكون مساحتها كافية بحيث إنه حتى و إن كانت سرعة القطار عالية فإنه يستطيع إتمام عملية التسليم.

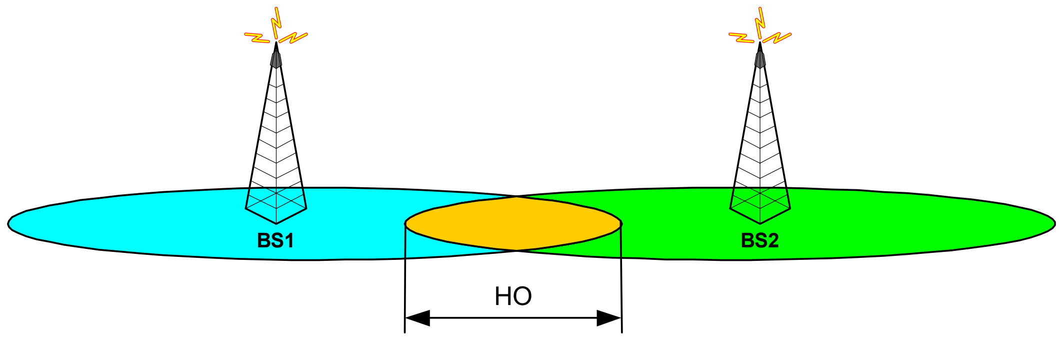
إن مستوى كلتا الخليتين المتجاورتين داخل منطقة التجاوز المعرفة يجب أن يكون أعلـى مـن مستوى الاستقبال المطلوب.

فإذا استخدمنا 4SEC كوقت أعظمي لعمليـة التـسليم و بمـا أنـه مـن كـل اتجـاه 4sec فإنه:2x4=8sec

المسافة = السرعة العظمىx الوقت الأعظمي لعملية التسليم

Homin=Vmax x Tho=200km/h x 8sec=450m

و بما أن الخط لديه ملف السرعة محدد مسبقا لذلك فإن تصميم الشبكة سيتم علـى أسـاس أن تكون مسافة التسليم تبعا للسرعة المتوقعة.[4]



الشكل(5-٣) عملية التسليم في GSM-R

٥-٧-تصميم التغطية:

كما تبين سابقا فإنه يتم استخدام خلايا مركبة في تصميم الشبكة أي نموذجين من BTS.

إن ميزة هذا الاقتراح هو تخفيض عدد عمليات التسليم لأننا نستخدم على طول الخط النوع O2 و الذي يستخدم فيه الهوائيان نفس التردد ، و اقتصرنا على استخدام النوع الثاني S22 فقط في المحطات الرئيسية طرطوس و اللاذقية.

إن مستوى الإشارة يجب أن يكون على الأقل 97% من الوقت والمساحة من أجل راديو العربة

إن أقل مستوى للإشارة يجب أن يكون ≤ dBm 87- و إن مستوى الإشارة هذا يجب ضـمانه على طول الخط الحديدي.

٥-٨-الاستفادة من البنية التحتية المتوفرة على محور طرطوس- اللاذقية:

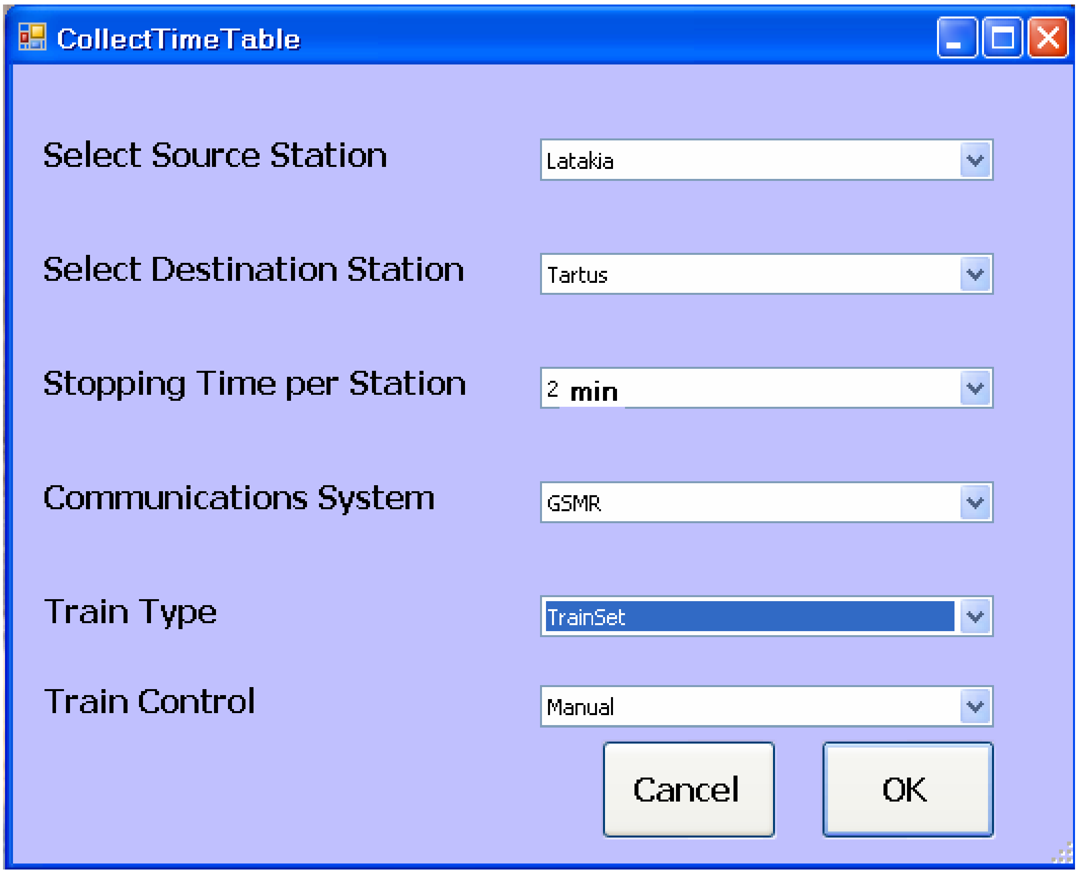
تم تمديد كابل ضوئي ب ٤٨ ليف (46SM-2 MM) الذي يعتبر العنصر الهـام لبنـاء نظـام GSM-R

و تتم عملية النقل وفق تقنية SDH حيث تتوضع عقد SDH في محطتي طرطوس –اللاذقية وبما أن الكابل قد تم تمديده وهو جاهز للاستخدام ، وعقد SDH يتم توريدها إلـى المؤسـسة العامة للخطوط الحديدية السورية ،و بالتالي فإن المؤسسة لن تـضطر لـشراء هـذه الأنظمـة لتطبيق نظام GSM-R لأنها متوفرة لديها.

٥-٩- بيئة المحاكي:

تم عمل محاكاة بلغة C SHARP توضح الغاية من تطبيق نظام GSM-R و آلية عمله سواء بين السائق و مأمور الحركة أو بين السائقين في حالة المكالمات الجماعية ،إضـافة إلـى دور بعض الأنظمة المرتبطة به كنظام التحكم الآلي بالقطارات TCS ، و دور BALISE في عملية إعادة اختيار الخلية.

يوضح الشكل (5-4) أول واجهة تظهر في البرنامج.



الشكل (٥-٤)

في هذه الواجهة يتم اختيار (محطة الانطلاق و الوصول- مدة التوقف في كل محطـة – نـوع القطار ....إلخ)

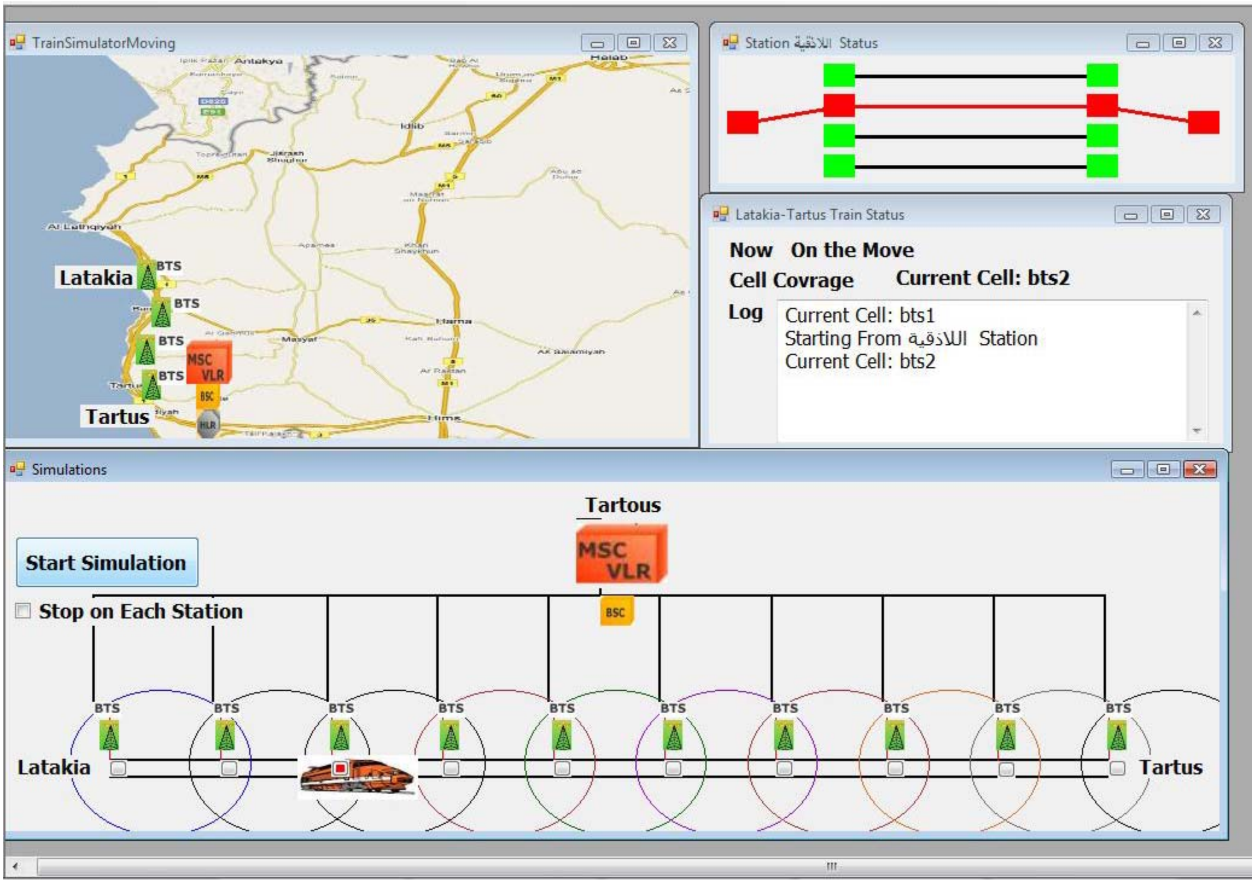
يبين الشكل(5-5) خارطة شبكة الخطوط الحديدية السورية .



الشكل (٥-٥)

تبين هذه الواجهة توزيع محطات القاعدة على محور طرطوس –اللاذقية مع اعتبـار توضـع (MSC-VLR-HLR-BSC) في محطة طرطوس

يبين الشكل (6-5) محاكاة لحركة القطار على محور طرطوس – اللاذقية.



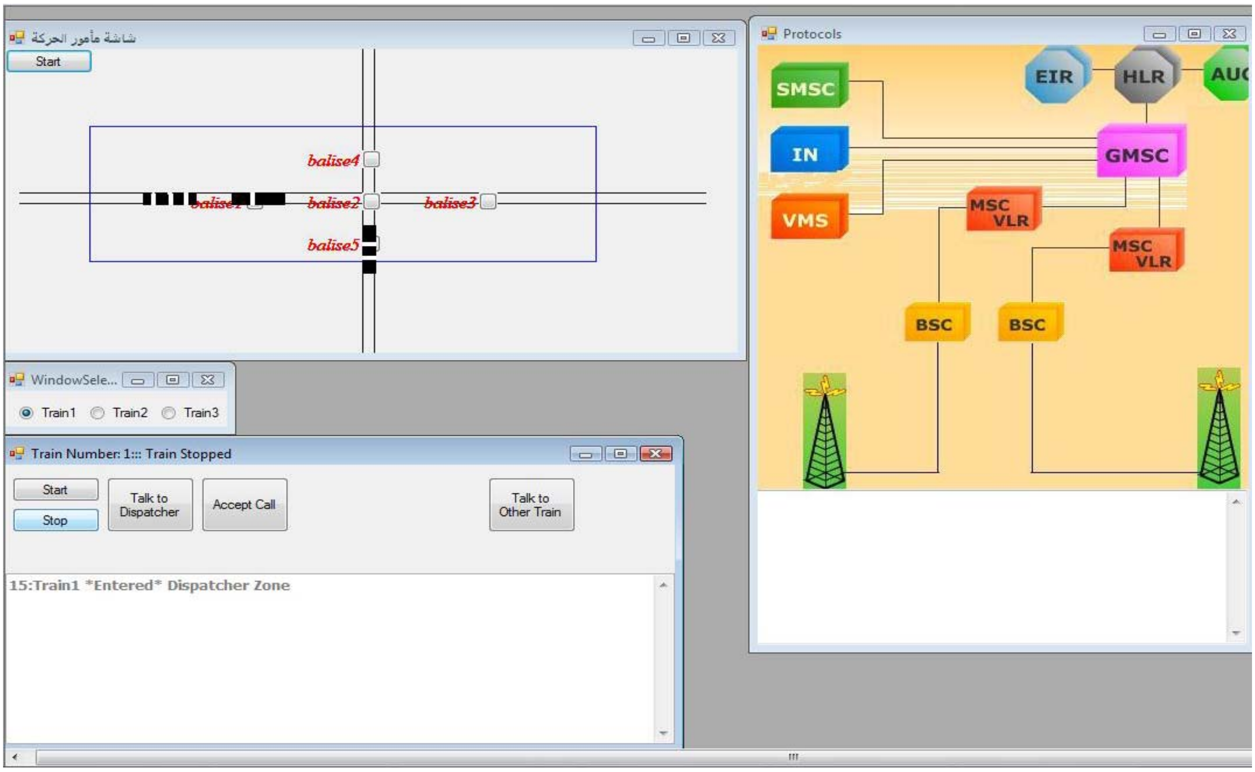
الشكل (٥-٦)

حسب الاختيار من الواجهة الأولى يتم الانطلاق من محطة اللاذقية باتجاه طرطوس أو بالعكس و هناك خيار أن يتوقف القطار عند كل محطة أو أن يتابع سيره بشكل متواصل

أثناء سير القطار تظهر BALISE التي يمر فوقها القطار بلون مغاير، كما تظهر في الـسجل أرقام الخلايا وأسماء المحطات التي يمر بها القطار.

و ضمن المحطة التي يمر بها القطار يتغير لون الخط الذي يشغله ليصبح أحمر و عندها يقـوم مأمور الحركة بمنع القطارات القادمة إلى المحطة من المرور بهذا الخط كونه مشغولاً.

يظهر الشكل (5-7) محاكاة للمكالمات الجماعية إضافة إلى دور ال BALISE و نظـام TCS الذي يستخدم نظام GSM-R لنقل المعطيات والأوامر للتحكم بالقطارات



الشكل(٥-٧)

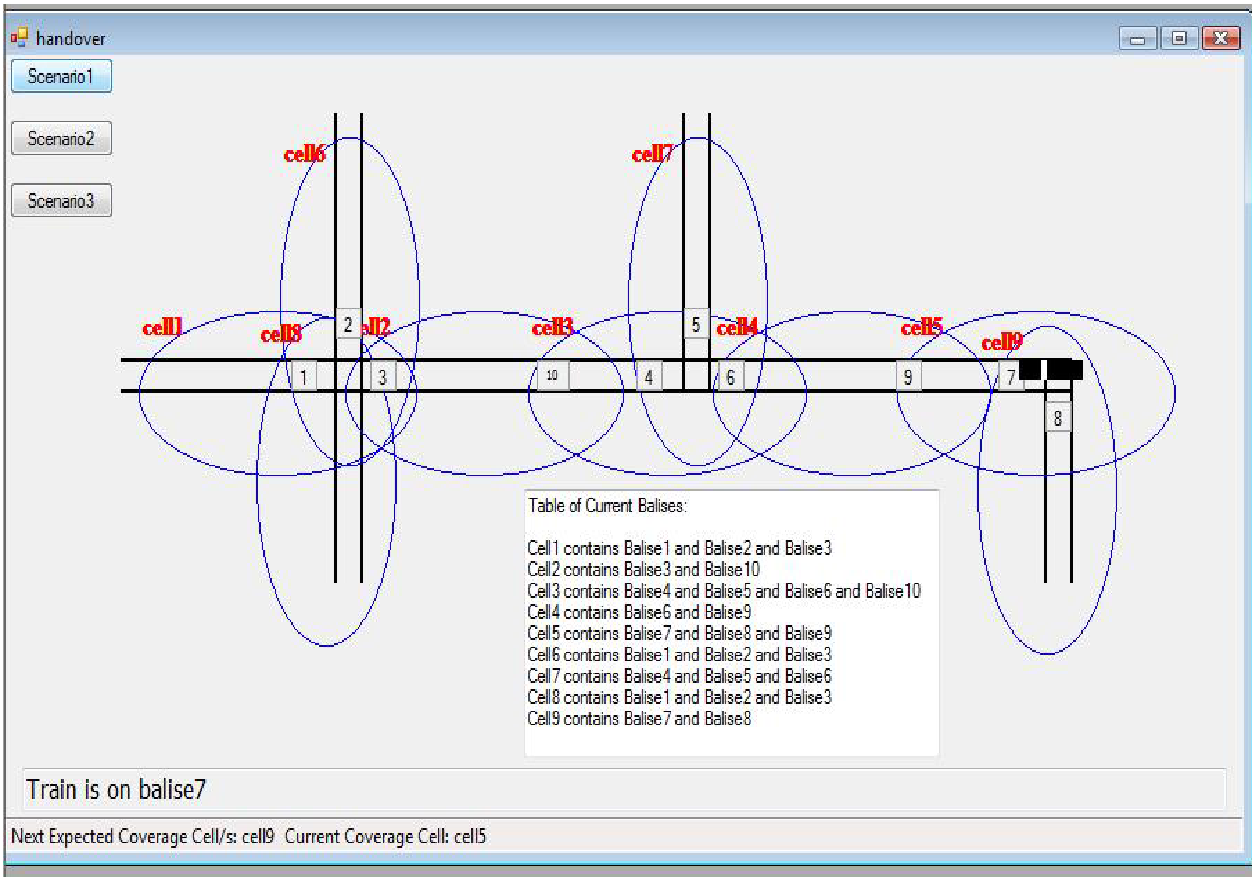
كما تبين في هذه الواجهة ،تظهر في الشاشة الأولى ثلاث قطارات تدخل منطقة التوجيه ،بضغط زر start تتحرك القطارات.

في الشاشة الثانية إذا قمنا بإيقاف أحد القطارات فإن القطار الذي يليه سيتوقف قبل مسافة معينة و لن يستطيع متابعة السير حتى و إن أعطاه سائق القطار أمراً بالحركة لأن التحكم آلي بالقطار إلى أن يتحرك القطار الذي يقف أمامه ،كما يمكن لأي قطار أن يتحدث مع قطار آخر.

في السجل الخاص بكل قطار يظهر تسجيل للأحداث كافةً التي يمر بها و في كل لحظة(دخولـه منطقة التوجيه،توقفه،متابعة سيره،........إلخ)

في الشاشة التي تظهر على اليمين يتم توضيح سير الإشارة أثناء الاتصال بين القطارين و فـي السجل أسفل الشاشة يتم شرح المراحل التي تمر بها .

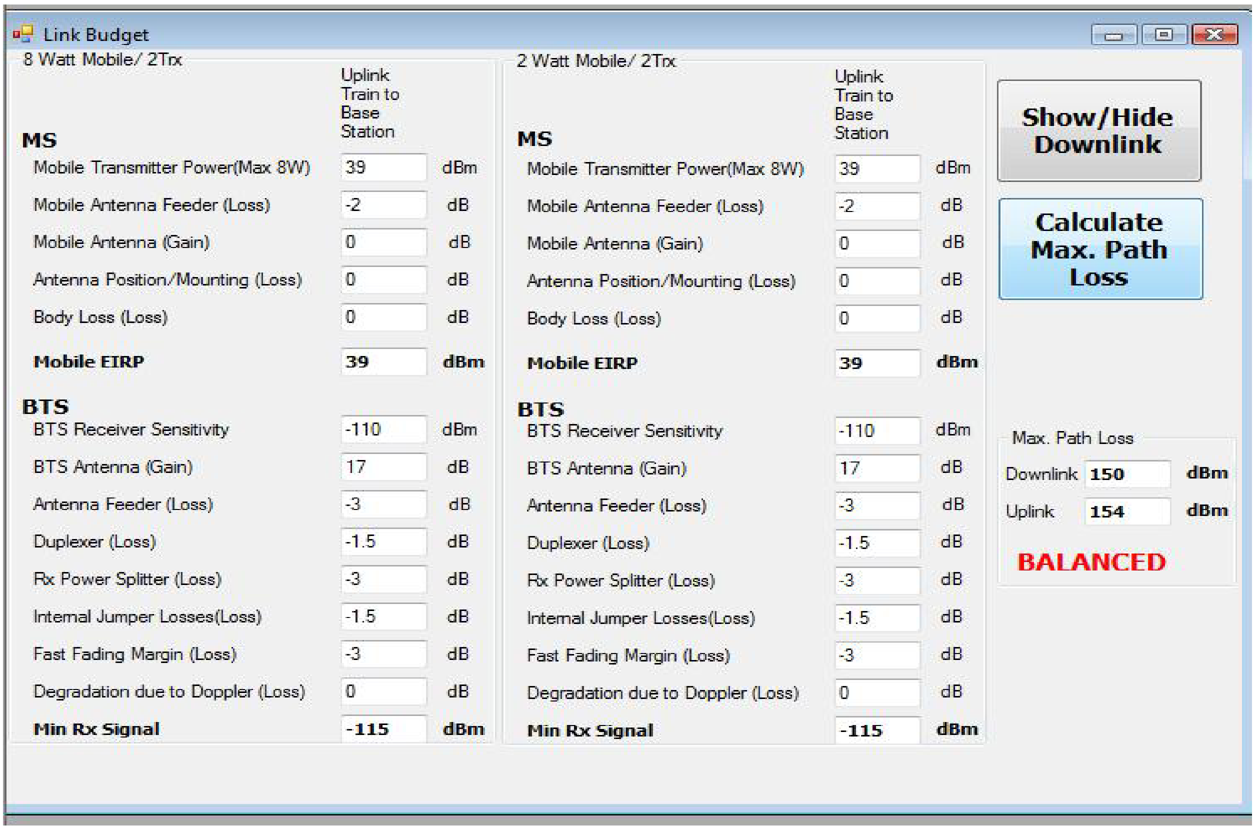
يبين الشكل (5-8) ثلاثة نماذج لسير القطار يتم من خلالها توضيح عمليـة التـسليم و إعـادة اختيار الخلية،بحيث إنه في نظام GSM-R تكون هذه العملية حرجة و بحاجة إلى وقت قصير و هنا يتم الاعتماد على الBALISE في اختيار الخلية.



الشكل (٥-٨)

كما يظهر في هذه الشاشة توزع الBALISE و الخلايا، وفي أسفل الشاشة يتم عرض توضع القطار الحالي في أي خلية إضافة إلى الخلايا المتوقعة التي سيمر بها القطار.

إن البرنامج الموضح بالشكل (9-5) يقوم بحساب Link budget



الشكل (٥-٩)

كما يظهر في هذه الواجهة فإن البرنامج يقوم بحساب الوصلة الصاعدة و الوصلة الهابطة بسهولة إضافة إلى حساب فقد المسار الأعظمي للوصلتين الصاعدة و الهابطة.

الفصل السادس :الخاتمة و الأعمال المستقبلية

- من الدراسة السابقة نستنتج أن نظام GSM-R هو الحل الوحيد لمشاكل شبكة الخطوط الحديدية السورية
§ اتصالات أمان السير:المطلب الأساسي الذي يجب تـوافره فـي اتـصالات الخطـوط الحديدية
§ نقل المعطيات:معطيات الإشارات و الاتصالات و أنظمة التحكم الآلـي بالقطـارات و الأنظمة الحديثة التي سيتم تركيبها
§ تنفيذ المشاريع المتوقفة:إمكانية تتبع موقع القطار....إلخ
§ المشاكل الحدودية:وخاصة بعد البدء بتسيير القطارات بين سـوريا- تركيـا و قطـار سوريا-إيران سواء مشكلة فقد السيطرة على القطار بمجـرد دخولـه حـدود الدولـة المجاورة أو الاضطرار إلى تغيير القاطرة ،أو أزمنة الانتظار الطويلة عبر الحدود.
§ التشغيل المشترك:وخاصة أن الدول المجاورة بدأت بتطبيق نظام GSM-R
- يتم البدء بتطبيق النظام على محور طرطوس اللاذقية وفق الدراسة السابقة

٦-١-التصور المستقبلي:

١. أن يتم لحظ كامل شبكة الخطوط الحديدية السورية بنظام GSM-R
٢. تطبيق نظام التحكم الآلي بحركة القطارات TCSمع BALISE على كامل الشبكة

مما يضمن :

- نظام متكامل لجميع متطلبات الخطوط الحديدية
- ضمان عبور الحدود للقطارات كافة و خاصة قطارات الشحن التي تعتبر من أهم موارد شبكة الخطوط الحديدية السورية
- قابلية التشغيل المشترك لتحقيق الممر المنظور بين أوروبا و السعودية
- تنفيذ الخطوط المستقبلية

تركيا-حلب-دمشق- الأردن

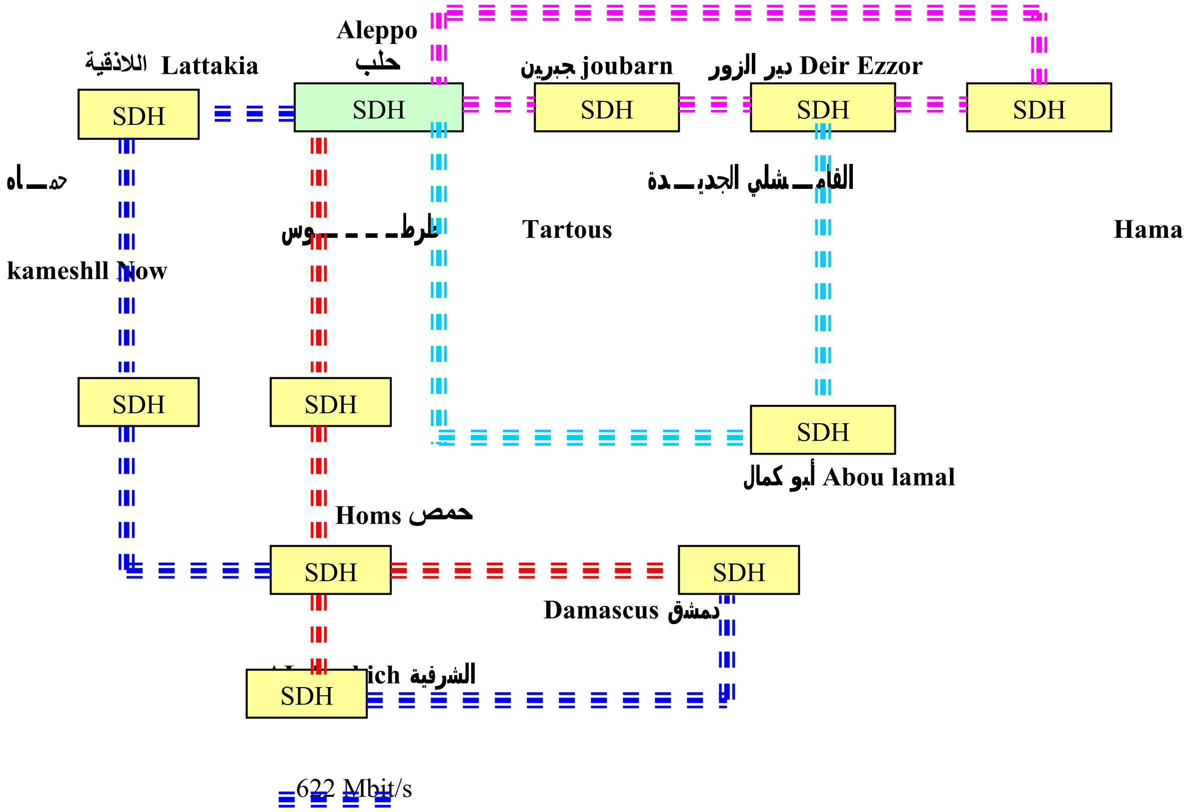
العراق عبر ديرالزور

- تنفيذ المشروع الأوروبي الذي يعتبر سورية ممراً للربط بين أوروبا-تركيا عبر سورية الأردن و من ثم السعودية كون الاتحاد الأوروبي يدعم دول البحـر المتوسـط ضـمن مشروع EUROMED الذي تم الشروع بتنفيذه و الأهمية البالغة التي يحظى بها هـذا

المشروع نظراً للموقع الاستراتيجي الذي تتمتع به سورية مما جعـل الحاجـة ملحـة لتطبيق نظام GSM-R خاصة أن تركيا و السعودية قد شرعتا بتنفيذه

٩. و في ظل التطور الهائل لحركة القطارات و المنافسة من قبل أنظمـة النقل البرية كان لابد من تحسين الشبكة و تطبيق الأنظمـة الحديثـة و أهمها نظام مراقبة حركة القطارات ATC الذي لا يمكن تطبيقه بـدون استخدام GSM-R الذي يعتبر البنية الأساسية له.

و يتم ذلك بربط كامل الشبكة بالكابل الضوئي و عقد SDH حيث تتحقق الوفرة و يتم التخلص من الفشل في حالة نقطة الانقطاع الواحدة دون الحاجـة لتكـرار المعـدات و التجهيـزات ، و الشكل (٦-١) يبين التصور المستقبلي لشبكة الخطوط الحديدية السورية بعد أن يـتم ربطهـا بالكابل الضوئي لتشكل بنية تحتية متكاملة لنظام GSM-R الذي سيؤمن ربـط كامـل الـشبكة ببعضها البعض و مع الشبكات الأخرى المجاورة.



الشكل (٦-١) التصور المستقبلي لشبكة الخطوط الحديدية السورية بعد ربطها بالكابل الضوئي

المراجع

1- S.Theodare, "Wireless Communication", Pearson Education ,Ninth Edition ,2005.

2- http://etcs.uic.asso.fr/specifications.html

3- KASTELL K.; JAKOBY R., 2005- "Implementing of fast handovers and additional authentication in GSM /UMTS for high speed users, "Proceedings of the 16th IEEE Symposium on Personal Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), Berlin, September.

4- KASTELL K.; FERNANDEZ-PELLO A.; PEREZ D.; MEYER U.; JAKOBY R., 2005- " Performance advantage and use of a location based handover algorithm," Proceedings of the 60th IEEE Vehicular Technology Conference (VTC), pp. 2876-2883, Los Angeles, September 2005

5- ZIMMERMANN A.; HOMMEL G., 2006- "A Train Control System Case Study in Model-Based Real Time System Design" Workshop on Parallel and Distributed Real-Time Systems (WPDRTS03), April

6- Current status of the implementations of the unified train control system (ETCS) and radio communications system for railways (GSM-R). UIC ERTMS World Conference. Florence. 2001

7- Function related to Mobile Station (MS) in idle mode and group receive mode, August 2002

8-Scheibel. Testing of FFB (radio-based train operation) componentry on EI-Eisenbahningenieur (5 1). 5/2000 the VT 628.

9- KASTELL K.; JAKOBY R,2006 "Improvements in Railway Communication via GSM-R",IEEE.

المراجع العملية:

- مديرية الإشارات والاتصالات في المؤسسة العامة للخطوط الحديدية السورية
- مديرية الحركة في المؤسسة العامة للخطوط الحديدية السورية
- مديرية الجر في المؤسسة العامة للخطوط الحديدية السورية

الملحق رقم (١)

بحث بعنوان

دراسة نظام الاتصالات GSM-R، إمكانية تحسينه وتطبيقه في الخطوط الحديدية السورية

الملخص

قرر مشغلو الخطوط الحديدية في سوريا والبلدان المجاورة إعداد نظام اتصالات خاص بالخطوط الحديدية يلبي متطلباتهم الخاصة كافة ويغطي معظم أرجاء الشرق الأوسط ويمكن ربطه بالنظام العالمي الموجود حالياً في أوربا والذي يصل معظم مشغلي الخطوط الحديدية في أنحاء أوربا ببعضهم البعض. يمكن اقتراح نظام الاتصالات الرقمي GSM لاستبدال النظام التشابهي السابق، و لكن نظام GSM لا يلبي كافة احتياجات مشغل السكك الحديدية لذا أدخلت بعض التعديلات على النظام لكي يصبح نظام GSM-R أي نظام اتصالات خاص بالسكك الحديدية إذ يجب على GSM التعامل مع مستخدمين يتحركون بسرعات أعلى من السرعات المسموح بها، كما يحتاج مدير الحركة المسئول عن منطقة معينة إلى تحديد وضع الاتصال (اتصال جماعي، استقبال فقط، إلخ...) وأخيراً لابد من تحديد أولويات للمكالمات.

قمنا في هذا البحث بدراسة نظام GSM-R والتطرق لبعض مشاكل النظام، إذ تبين إمكانية توظيف معلومات الموقع الجغرافي للقطار وذلك لتحسين عملية التسليم (Handover) وعملية إعادة اختيار الخلية (Cell Reselection)، وتحدث معظم هذه المشاكل في بيئة العمل التي تتطلب سرعات عالية. ناقشنا إمكانية تطبيق النظام في الخطوط الحديدية السورية.

١- مقدمة:

في بدايات الألفية الثانية قرر مشغلو الخطوط الحديدية في سوريا والبلدان المجاورة إعداد نظام اتصالات خاص بالخطوط الحديدية يلبي متطلباتهم الخاصة كافة ويغطي معظم أرجاء الشرق الأوسط ويمكن ربطه بالنظام العالمي الموجود حاليا في أوربا والذي يصل معظم مشغلي الخطوط الحديدية في أنحاء أوربا ببعضهم. وقد كان القرار وليد معاناة طويلة في مجال اتصالات السكك الحديدية وبخاصة بعد زيادة متطلبات النظام إضافة إلى المنافسة الشديدة التي تشهدها الخطوط الحديدية مع وسائل النقل البري الأخرى وبدء تسيير الرحلات الدولية. كان انتهاء مدة استئجار الترددات أحد أهم المشاكل التي عانى منها مشغلو السكك الحديدية وتسوء الحالة أكثر عند رفض الحكومة تمديد مدة إيجار التردد أو حتى منع إجراء المكالمات الصوتية من خلاله وذلك لأسباب أمنية تتبع سياسة كل بلد على حدة. إن متابعة الاتصالات مع القطار عند عبوره للحدود هي مشكلة أخرى هامة وليدة تطوير الخطوط الحديدية

لحركة قطاراتها وإنشاء خطوط حديدية دولية تصل بين البلدان المتجاورة وحتى بين أنحاء العالم المتصلة بريا حيث توسع عمل الخطوط الحديدية وأضحت صرحاً هاماً من صروح النقل البري للمسافرين والبضائع.

المشكلة الأهم هي متابعة حركة الاتصالات مع القطار فور عبوره الحدود ومروره على سكة أجنبية (غير سورية) حيث يصعب تحقيق ذلك باستخدام أنظمة الاتصالات المستخدمة حالياً حتى مع وجود ميزة التجوال الدولية للاتصالات الخلوية إذ تتقطع مناطق التغطية ولا يمكن ضمان تغطية خلوية ملائمة على طول خط السكة الحديدية الأجنبية أو المحلية على حد سواء كما أن ذلك يتطلب حمل معدات خاصة للاتصال من مشغل اتصالات أجنبي لكل بلد على القطار أن يزوره مما يشكل أعباء إضافية تتركز في شراء وتشغيل التجهيزات المختلفة والخاصة بكل بلد أجنبي.

تعتمد الاتصالات الحالية ما بين المشغل والموجه (Dispatcher) وما بين القطار وطاقم العمل فيه على أنظمة تشابهية، مما يجعل الفرصة سانحة للتحول إلى نظام اتصالات رقمي. كما نذكر من أنظمة الاتصالات المستخدمة حالياً شبكات الاتصالات الخلوية الخاصة المحلية، أما الاتصالات الراديوية فهي للصيانة، وللعمل على بعض المسالك الخاصة كالأنفاق ولاتصالات المناورة (Shunting) وللساطات المحلية وللقاطرات المحركة (رأس القطار).

يمكننا القول بأنه لا يوجد حتى الآن نظام اتصالات يلائم كافة احتياجات مشغلي الخطوط الحديدية المتنامية يوماً بعد يوم. ولذا فإن الحل الوحيد هو باستخدام نظام اتصالات يعتمد بشكل أساسي على GSM لأن أنظمة GSM ذات موثوقية عالية كما أنها أنظمة مختبرة بشكل يومي وروتيني من قبل ملايين المستخدمين. ولكن كما أسلفنا سابقاً يحتاج نظام GSM بعض التغييرات الطفيفة لكي يلبي متطلبات اتصالات السكك الحديدية و هذه المتطلبات هي:

- يجب على GSM التعامل مع مستخدمين يتحركون بسرعات أعلى من السرعات المسموح بها. فشبكة GSM مصممة نظرياً لتعمل على سرعات لا تتجاوز ٢٥٠ كم/سا بينما تصل السرعات المسموح بها للقطارات حتى ٥٠٠كم/سا ومن ثم على النظام أن يكون قادراً على العمل بشكل جيد تحت متطلبات السرعة العالية [1].
- يحتاج مدير الحركة المسؤول عن منطقة معينة لتقانة معينة تعينه على تحديد وضع الاتصال، حيث إن بعض الاتصالات يجب أن تشمل كافة القطارات التي تتحرك في منطقته لإعلامها بحدث مهم (على سبيل المثال مشكلة في الخط الحديدي المشترك فيما بين القطارات). تدعى هذه الميزة وضعية المكالمة الصوتية الجماعية (VGCS)، وخدمة البث الجماعي الصوتي(VBS)، ووضعية الاستقبال الجماعي (GRM) [2].
- إعطاء أولويات مختلفة للمكالمات اعتمادا على أهميتها فيما إذا كانت مكالمة طوارئ ذات أهمية قصوى (من عمال صيانة السكة الحديدية) أو مكالمة روتينية فقط ذات أهمية دنيا (حالة الطقس، مكالمات المسافرين لحجز بطاقات، مكالمات الاستعلامات، الخ...). من المهم التأكيد أن مكالمات الطوارئ والصيانة هي مكالمات ذات أفضلية قصوى.

- تحديد معرف للقطارات أو رقم هاتف للقطار يمكن من خلاله التواصل ما بين المحطة والقطار، ويجب أن يستنتج الرقم اعتماداً على وظيفة وموقع القطار وأن يكون نظام العنونة متكيفاً مع الوضع الحالي للقطار. يحمل هذا المطلب أهمية عالية نظراً لاختلاف المهمة التي يقوم القطار بتنفيذها واختلاف عدد القاطرات وقضايا أخرى جوهرية يمكن أن تختلف بين ليلة وضحاها تتعلق باستيعاب عدد الركاب أو حجم البضائع المطلوب نقلها في المحطات الرئيسة أو الفرعية. ومن ثم يمكننا افتراض عدم وجود علاقة أبدية بين القاطرة الرئيسة والقاطرات الأخرى لأن بنية القطار تتغير بشكل يومي ولذا يجب أن يعتمد الرقم التعريفي على المسار أو الخط الذي يعبره القطار في الوقت الحالي وليس على القاطرة الرئيسة أو القاطرات الفرعية الأخرى.
- دعم جهاز الخلوي المستخدم لميزة اضغط للتحدث وذلك من أجل اتصالات الطوارئ التي لا تحتاج إلى تدخل المحطة الخلوية الأساسية في الاتصال.

تبدو التعديلات السابقة جيدة وكافية و تلبي متطلبات مشغلي السكك الحديدية ولكنها تحتاج إلى بعض التعديلات الأخرى لزيادة أمن الاتصال، لذا سيضاف مطلب نظام التحكم بالقطارات إلى شبكة الاتصالات.

تستبدل الإشارات بإعلام القطار مسبقاً عن حالة الخط الحديدي الذي يتحرك عليه. إذا انقطع الاتصال، لسبب ما، مع القطار عندها سيتوقف القطار مباشرة بشكل طارئ. ولذا يجب أن يبقى احتمال فقدان الاتصال صغيراً إلى أبعد حد ممكن. و يطلب معظم مشغلوا القطارات الدوليين معاييراً عالية الموثوقية تصل حتى نسبة ٩٩,٩% كاحتمال استقبال و٩٥% كاحتمال تغطية خلوية على مسار القطار.

٢- التأثيرات على تخطيط الشبكة:

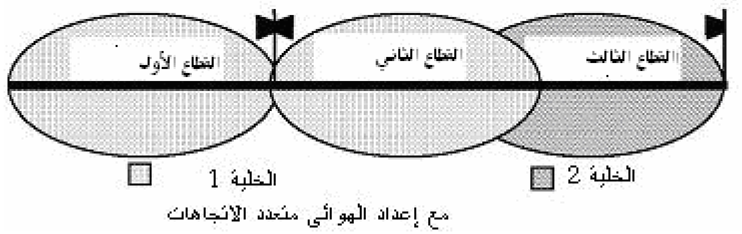
تتطلب الجودة العالية في الاتصال تعديل معايير تخطيط الشبكة فيجب الأخذ بعين الاعتبار زيادة احتمالي الاستقبال وتحديد المواقع عن القيم الموجودة في شبكة GSM العامة. كما يجب أن تتم عملية الانتقال من خلية إلى خلية أخرى وذلك بعناية زائدة. إن ضمان أكبر تداخل ممكن لمناطق تغطية الخلايا المتجاورة يحسن عملية الانتقال.

تؤدي ظروف انتشار إشارة GSM-R إلى زيادة في التشويش والتشويه نتيجة تصادم الإشارة التي يسببها النظام السلسلي (catenary system) بالإضافة إلى الخسارة الناتجة عن صفوف الغابات الطبيعية التي لا تنمو بشكل ملائم لاحتواء السكة ذات الشكل المستقيم أو حماية الإشارة من التشويش. وبما أن الخط الحديدي السوري يمر من عدة أماكن فيها هضاب وجبال وأنفاق، فلا يمكن استخدام الكابل المسرب (leaky cable) لتزويد القطار بإشارة جيدة النوعية كافية لمتطلبات سرعة القطار العالية. ولذا يجب استخدام هوائيات تعطي مجال تغطية يتراوح بين ١ و٢ كيلومتر مصممة خصيصاً لتحمل الضغط في الأنفاق.

أ- تخطيط الشبكة:

نستفيد في الطريقة المقترحة من السيناريو النموذجي للسكك الحديدية لتسريع عمليتي تهيئة وتنفيذ إعادة تبديل الخلية والتسليم. تتكون منطقة التغطية في بيئة السكك الحديدية من أروقة وممرات

تغطي السكة الحديدية. لذا نعمد إلى استخدام هوائيات ذات عامل ربح عالي وتنشر الإشارة اللاسلكية على شكل عارضة لا تسبب تداخل الإشارة مع أنظمة الاتصالات الأخرى التي يمكن أن توجد بجانب السكة كما يظهر في الشكل ١.



الشكل ١ إعداد الهوائيات والخلايا على طول خط السكة

لتجنب النمو الهائل في تبديل الخلايا يوضع عند حدود كل خلية هوائيان يخدمان المحطة الأساسية (base station) نفسها من نوع شبيه بعديد الاتجاهات (quasi-omni-directional) كما يظهر في الشكل ١. هذا يعني ربط الهوائيين وتخصيصهما بالتردد نفسه حتى يشكل القطاعان الأول والثاني خلية واحدة. يقلل الخيار السابق من عدد مرات تبديل الخلايا إلى النصف تقريباً إذ لا يمكن بناء كل محطة أساسية بتلك الطريقة إضافة إلى وجود بعض الهوائيات بقطاع وحيد.

وبما أن حركة القطارات محصورة بالسكة الحديدية ذات الموقع الثابت بالتالي فيمكن توقع الموقع الآني للقطار. و تصبح الدراسة مهمة عندما ندمج معلومات موقع القطار مع تهيئة عملية التسليم من خلية إلى خلية أخرى. إذا امتلكنا معلومات عن جهة وموقع القطار الآني يمكننا توقع الخلية التالية الهدف مسبقاً في عملية تسليم الخلية. وتكون هذه العملية ممكنة إذا افترضنا أن القطار لا يستطيع الدوران بزاوية ١٨٠ درجة و لا يتضمن ذلك طبعاً محطات التوقف وعملية إعادة ترتيب القاطرات.

تصبح العملية صعبة التنفيذ عند نقاط العبور (cross)أو العقد. ويمكن حل المشكلة إذا استخدمنا هوائياً لجميع الاتجاهات (Omni-directional) عندها ليس علينا تحديد اتجاه القطار بشكل دقيق لان عملية التسليم تجري بعد عبور العقدة حينما يصبح اتجاه القطار واضحاً وجلياً [3].

ب- تحديد الموقع:

لكن السؤال ما هي الطريقة الواجب استخدامها لتحديد موقع واتجاه القطار من اجل سيناريو يحوي الشكل العام للسكك الحديدية؟

حالما نربط معدات الاتصال النقالة في القطار بالشبكة يتم التعرف على الخلية التي تغطي الموقع الحالي لتواجد القطار. في حالة الخط المستقيم للسكة توجد فقط خليتان مجاورتان، ولذا لا تتطلب العملية أي معلومات إضافية بل تبدأ بمراقبة هاتين الخليتين وتسجيل القيم اللازمة لعمليات التسليم التالية. تحفظ الخطوة الأولى الكثير من الوقت لأن الزمن اللازم لمراقبة خليتين متجاورتين فقط أقل بكثير من الزمن اللازم للاتصال بست محطات على الأقل (فالزمن اللازم لإجراء أي اتصال أكبر بكثير من زمن المراقبة الآنية لمحطة أو محطتين). بعد بداية تهيئة عملية التسليم يمكن التنبؤ بجهة حركة القطار طالما أننا نمتلك معلومات عن آخر خلية عبرها القطار والخلية الحالية للقطار و تستثنى من ذلك المسارات المنحنية على شكل U. تستطيع كل محطة أساسية تنبؤ الخلية التالية بمقارنة معرف

الخلية التي احتوت المحطة المتحركة مع معلومات جدول داخلي يجهزه المزود. لا تتطلب عملية البحث ضمن الجدول ذاكرة إضافية أو زمناً لأن الإعداد الأساسي للشبكة نص أن كل محطة أساسية تـرتبط بمحطتين جارتين فقط. كما أن الجدول لن يكون كبيراً لأن أكبر عدد متوقع من المحطات المتجـاورة هو٧ محطات (حسب البنية الهيكلية الأساسية للسكك الحديدية) ولكن عملية صنع القرار ستصبح معقدة أكثر كلما ازداد عدد الجيران.

ولحل هذه المشكلة يمكننا استخدام أنظمة تحديد المواقع مثل GPS مما يجعل الحل المطـروح متكيفاً مع أنواع شبكات مختلفة [4,5] فنظام GPS سهل الاستخدام والتركيب في القطار ولكنـه نظـام قاصر عند وجود أنفاق. من جهة أخرى يمكن تزويد القطار بمشفر تصاعدي يقوم بحـساب المـسافة مستفيداً من قياس عدد دورات عجلات القطار، كل ما علينا هو تهيئة نظام المشفر بشكل صحيح. ولكن الحل الأخير مكاف نوعاً ما حيث يتطلب تزويد كل القطارات بالآلية المطروحة. الحل ما قبل الأخيـر هو استخدام قطع الكترونية صغيرة تثبت على سكة القطار وتعطي معلومات عن موقع القطـار الـذي يمر فوقها وتدعى "balise". تركب هذه الأجهزة بين السكتين وتعطي معلومات دقيقة عن الموقـع، و يجب تثبيت قطعة واحدة على الأقل في كل خلية.

الحل الأخير بما أننا نعمل في بيئة السكك الحديدية وبما أن حركة القطارات تتبع جدولاً زمنياً محدداً مسبقاً و من ثم يمكننا معرفة جدول المسارات التي سيتحرك عليها القطار. لذا نقـوم بتخـزين المسار في ذاكرة على القطار ومن ثم تجمع هذه المعلومات وتزود برقم القطار وتخـزن فـي عـدة محطات أساسية متجاورة أوفي مكان تخزيني مركزي في الشبكة.

ج - تحسينات على عملية التسليم:

لتسريع عملية التسليم نحدد المرحلة الفرعية التي تستغرق معظم الوقت المطلوب ومن ثم نعيد ترتيب بنية هذه المرحلة. إن عملية التسليم الفعلية سريعة ولكن يمكننا جعلها أسرع فيما لو قمنا بإعداد اتصالات الشبكة في الشبكة المركزية بشكل فعال مع ملاحظة احتمال وجـود محدوديـة فـي سـعة اتصالات الشبكة. بفرض أن الكبلات المستخدمة لوصل الشبكة المركزية بالمحطات الأساسية هي مـن الألياف البصرية وأن المرحلة الأولى من تشغيل نظام GSM-R لا تتطلب حجم تبادل معلومات كبير، مع أن بعض التجارب أدت إلى حدوث بعض الاختناقات [6] غيـر أن موضـوع تبـادل المعطيـات وعرض الحزمة ليس موضوع بحثنا ولذلك لم يتم التركيز عليه.

يمكن تنفيذ وتطبيق القرارات المتخذة في عمليات التسليم اعتمادا على المعطيات المعطاة مـن القطار أو المحطة الأساسية، الأمر الذي يدفع المشغلين لاستخدام وتشغيل طريقة مختلفة ومميزة لتلبية متطلباتهم والتي يمكن أن تختلف عن متطلبات المشغلين الآخرين. الطريقة الأبسط هي اختيار الخليـة ذات الإشارة الخلوية الأقوى. لا يمكننا حفظ الكثير عند تحديد الإشـارة الأقـوى، لأن الخوارزميـات المستخدمة ليست معقدة.

نستطيع حفظ الكثير من الوقت في مرحلة تهيئة نظام التسليم التي تقوم فيها كلتـا المحطتـين المتحركة والأساسية بتسجيل القيم. يرسل تقرير بالقيم المقاسة وطبقاً لمعايير نظام GSM مرة واحـدة

كل ٤٨٠ ميلي ثانية، و يظهر للوهلة الأولى أنه زمن كاف ولكنه زمن كبير نظـراً لـسرعة القطـار الكبيرة وضرورة معالجة المعطيات بالسرعة القصوى لمتابعة حركة القطار [7]. كما تظهـر مـشكلة أخرى: فالمحطة المتحركة تقوم بالبحث عن الخلية الهدف فقط بعد أن تتحسس مستوى إشارة متـدن إذ يعمل هذا الشرط كقادح لبدء عملية إعادة اختيار الخلية مما يستغرق وقتاً إضافياً يصل إلى حـوالي ١ ثانية.

أثبتت التجارب الحقيقية على القطارات حدوث مشاكل في عمليات التـسليم علـى سـرعات تتجاوز ٣٠٠ كم/سا و لذا يجب إجراء تحسينات على عملية التسليم بخاصة عندما يكون النظام مصمماً للعمل في سرعات عالية.

د- إعادة اختيار الخلية:

يوفر مخطط الشبكة الخطي العديد من المشاكل المتعلقة بإعادة اختيار الخلية بغض النظر عن وضعية المحطة المتحركة فيما لو كانت متصلة أو متوقفة عن العمل. كما توفر تقنية إعـادة اختيـار الخلية المقرر مسبقاً الزمن اللازم وتؤمن عدم انقطاع الاتصال مع وجود سـرعات عاليـة للمحطـة المتحركة، بالاستفادة من مخطط الشبكة للمسارات والمعروف مسبقاً.

يبقى أن ننوه أن السيئة الوحيدة للنظام المقترح تكمن في أنه لا يمكن الاعتماد على أي قيمـة مقاسة تعطي معلومات عن آخر خلية مخدمة وذلك عند بدء تشغيل النظام، في هذه الحالة فقـط يجـب علينا الاستفادة من مخطط الشبكة وأنظمة تحديد المواقع المستقلة.

٣- بيئة المحاكي:

بما أنه لا توجد شبكة GSM-R منفذة فعلياً على أرض الواقع فلن يمكننا تغيير قيم بارامترات لتجريب عمل النظام، وبما أنه من جهة أخرى توجد حركة واقعية للقطارات علـى الـسكك الحديديـة فيمكننا محاكاة عدة حالات ممكنة وذلك باستخدام لغة (Csharp).

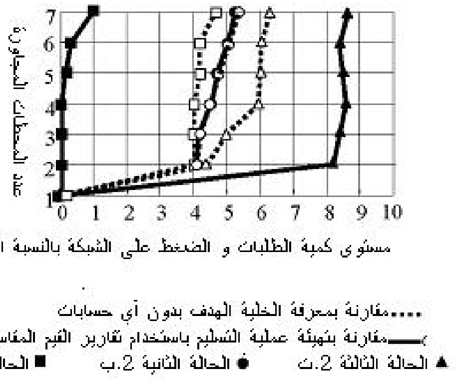
لقد قمنا بتصنيف الحالات الممكنة إلى ثلاث مجموعات وقمنا بتنفيذها مستعينين بقيم حقيقة من بيئة النظام الأوربي للسكك الحديدية وذلك لعدم جاهزية بيئة النظام السوري وعدم توفر الحالات الثلاث فيه في الوقت الراهن.

- الحالة الأولى: خط مستقيم بدون أي عقد (تشكل حوالي ٧٥% من طول السكك الحديدية الإجمالية)
- الحالة الثانية: عقد بسيطة ناتجة عن تلاقي أو تقاطع خطين (١٥%)
- الحالة الثالثة: عقد كبيرة وتقطع المدينة (١٠%)

اعتبرنا زمن التأخير هو الزمن بين لحظة بدء عملية أخذ القياسات لتحديد شروط عملية التسليم ولحظة اكتمال عملية إرسال رسالة التسليم.

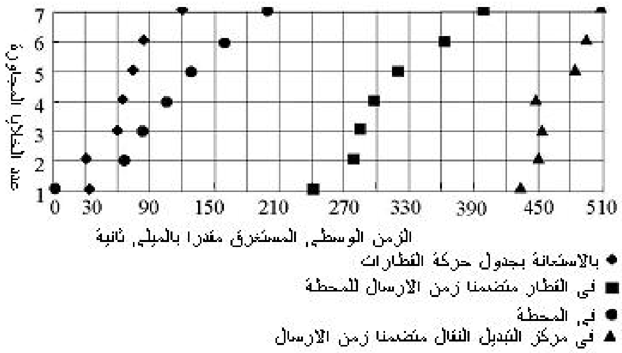
في بعض الحالات نقوم بتقليل أو تجنب أخذ القياسات لخفض الزمن الضائع في إنجاز عمليـة التسليم. في حالة الخط المستقيم يمكننا تجنب أخذ القيم تماما. ومع استخدام جدول حركـة القطـارات بالشكل الأمثل يمكننا خفض الحاجة لأخذ القيم. ليس من الضروري أيضاً إرسال رقم القطار طالما أن رقمه الوظيفي معروف مسبقاً مما ينقص حجم المعلومات المرسلة. يظهر الـشكل ٢ بعـض النتـائج

لحالات مختلفة، في حالة وجود محطة أساسية وحيدة مجاورة عندها يمكن توقع الخلية التالية من دون الحاجة لإجراء أي قياسات. أي يمكن تحديد الخلية التالية من دون الحاجة لأي إشارة أو طلب.



الشكل ٢ يظهر مستوى كمية الطلبات على الشبكة

تنشأ المشاكل في بعض الحالات التي يظهرها الشكل ٢ نتيجة عدم قدرة المحطة الأساسية على استخراج معرف الخلية الصحيح. كما هو متوقع أظهرت الحالة الأولى قسم١ بعض التـأخير الزمنـي نتيجة إرسال معرف الخلية في رسالة منفصلة بعد دخول منطقة تغطية الخلية الجديـدة. إذا افترضـنا إمكانية استخراج معلومات الخلية من تقرير القياس النظامي عندها يمكن خفض الزمن الضائع ولكننـا سنحتاج وقتاً إضافياً لاستخراج وتخزين معلومات الخلية، إن الزمن الضائع في كلتا الحـالتين صـغير جداً. يتراوح الزمن اللازم لكي تتلقى المحطة الأساسية المعلومات الأولية عن الخلية الهدف ما بـين ٠ و٤٨٠ ميلي ثانية، وهو نفسه زمن إرسال التقرير الدوري في نظام GSM. يظهر الـشكل ٣ الـزمن الإضافي اللازم لاستنباط معلومات الخلية التالية الهدف، ويقاس هذا الزمن ابتداء مـن لحظـة تـوفر معلومات عن الخلية الأخيرة الحالية المتوفرة في المحطة الأساسية. بما أن الزمن الأعظمي هـو٤٨٠ ميلي ثانية فسوف تختار الخلية التالية في الحالة الأولى بزمن ما بين ٠ و١ ثانيـة (متـضمناً الـزمن الإضافي). بالمقارنة مع نظام GSM العادي الذي يأخذ زمناً يتراوح ما بين ٠ و٢٠ ثانية، يعـد ذلـك تحسناً ملحوظاً بخاصة من أجل المكالمات الجماعية (الاستقبال الجماعي) ومن ثم نقلل عدد المكالمـات المنقطعة التي يكون سببها إخفاق عملية إعادة اختيار الخلية. كما يعد تحسيناً في عملية التـسليم عنـد السرعات العالية.



الشكل ٣ الزمن المستغرق في حساب الخلية التالية

٤- الخاتمة:

قمنا بدراسة نظام GSM-R والتطرق لبعض مشاكل النظام، التي تحدث في بيئة العمل التـي تتطلب سرعات عالية. ناقشنا إمكانية تطبيق النظام في الخطوط الحديدية السورية وذلك بحل بعض هذه المشاكل الناجمة عن ظروف توزيع سيئة للإشارة و خاصة مع ازدياد حاجتها لهذا النظام خصوصا بعد أن تم البدء بتسيير القطارات الدولية (تركيا – إيران) وذلك في ضوء التطور الذي تشهده حاليا علـى كافة الأصعدة (قطارات، خط حديدي، أنظمة إشارات واتصالات، إلخ...).

استخدمنا معلومات المواقع كإحدى الطرق المقترحة للتخلص من عدة مشاكل دفعة واحـدة، إذ يمكن التنبؤ بموقع القطار مستفيدين من واقع أن مسار حركة القطار هو خط ثابت ومعروف مـسبقاً. وباستخدام بعض الحسابات الدقيقة والتي يمكن إجراؤها بسهولة وبساطة وبأقل طاقة ممكنـة نـستطيع تحديد موقع الخلية التالية. أظهر لنا المحاكي بعض المشاكل والحلول المقترحة.

مازال العمل قائماً لإيجاد مجموعة الخوارزميات الأفضل اعتمـادا علـى عـدد القطـارات والمسارات في كل منطقة. كما يمكن استخدام الزمن الذي تم حفظه بالحل المقتـرح لإدخـال بعـض إجراءات التوثيق إلى عملية التسليم لكي تصبح عملية آمنة.

الفهرس